ANATOMIE și FIZIOLOGIE UMANĂ DESCRIPTIVĂ și APLICATĂ

Manual pentru școlile postliceale sanitare

Mihaela ALEXANDRU
Crin MARCEAN
Vladimir-Manta MIHĂILESCU

EDITURA MEDICALĂ

Prof. **Mihaela ALEXANDRU**
Prof. Dr. **Crin MARCEAN** Dr. **Vladimir-Manta MIHĂILESCU**

ANATOMIE ȘI FIZIOLOGIE UMANĂ
DESCRIPTIVĂ ȘI APLICATĂ

Manual pentru școlile postliceale sanitare

EDITURA MEDICALĂ
București, 2014

© Editura Medicală, 2014
„Toate drepturile editoriale asupra ediției românești aparțin în exclusivitate Editurii Medicale. Publicația este protejată integral de legislația internă și internațională. Orice valorificare a conținutului în afara limitelor acestor legi și a permisiunii editorilor este interzisă și pasibilă de pedeapsă. Acest lucru este valabil pentru orice reproducere – integrală sau parțială, indiferent de mijloace (multiplicări, traduceri, microfilmări, precum și la stocarea și prelucrarea în sistem electronic)."

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
ALEXANDRU, MIHAELA
Anatomie și fiziologie umană descriptivă și aplicată: manual pentru școlile postliceale sanitare / Mihaela Alexandru, Crin Marcean, Vladimir-Manta Mihăilescu. - București : Editura Medicală, 2014
Bibliogr.
978-973-39-0771-8

I. Marcean, Crin
II. Mihăilescu, Vladimir

611(075.75)

Redactor: Liliana PETRESCU
Secretar de redacție: Maria Elena NEAMȚ
Corector: Corina GHINOIU
Tehnoredactor: Florina ALEXE

Tipar: **Printex srl**
Craiova, Str. Electroputere nr 21
Tel./Fax: 0251.580.431
E-mail: office@printex.ro
www.printex.ro

NOTĂ INTRODUCTIVĂ

Dacă pentru învățământul gimnazial şi liceal anatomia şi fiziologia reprezintă o disciplină aliniată în rând cu toate celelalte materii, pentru învățământul postliceal sanitar ea ocupă un loc total diferit. Obiectivul instituțiilor de învățământ sanitar fiind formarea viitoarelor cadre în domeniul de specialitate, oricare disciplină prevăzută în programa analitică *(curriculum)* este *a priori* aservită pregătirii în acest sens. Deci, în învățământul de profil sanitar, anatomia şi fiziologia umană nu sunt studiate pentru cultura generală, ci pentru a deschide o cale înțelegerii fenomenelor morbide, ca localizare, mecanism de producere şi cauzalitate, noțiuni pe care elevii din aceste şcoli de specialitate le studiază în detaliu în anii superiori. Ceea ce înseamnă că toate cunoştințele de anatomie şi fiziologie trebuie să fie nu numai descriptive, ci şi aplicative. Cu alte cuvinte, studiul anatomiei şi fiziologiei umane nu va fi „artă pentru artă", ci artă cu o finalitate bine precizată, pentru că datele de anatomie trebuie puse şi ele în serviciul ocrotirii sănătății.

Dăm mai jos o serie de exemple care să ilustreze rolul anatomiei şi fiziologiei în perceperea corectă a fenomenului patologic şi să justifice introducerea „aplicațiilor de patologie" din lucrarea de față.

Pentru o persoană neinițiată este greu de explicat de ce un accident vascular cerebral care a afectat aria somatomotorie stângă produce o hemiplegie spastică dreaptă asociată cu afazie motorie. Datele de anatomie arată clar motivul: cea mai mare parte a tractului piramidal care conduce motilitatea voluntară, se încrucişează la nivelul bulbului rahidian, trecând în jumătatea opusă a măduvei spinării, celelalte fibre se încrucişează şi ele la nivelul fiecărui segment medular (încrucişare metamerică), iar centrul motor al vorbirii la dreptaci se află în emisfera cerebrală stângă.

Cine nu cunoaşte aparatul circulator nu are cum să înțeleagă insuficiența cardiacă stângă, mergând până la edem pulmonar acut în cazul unei stenoze mitrale.

Dacă funcțiile țesutului excitoconductor al inimii (miocardul embrionar) nu sunt clare, ar fi greu de explicat aritmiile şi acțiunea glicozizilor digitalici (digoxin) asupra inimii.

Numai cine a reţinut că bronhiile mici au un inel muscular circular şi glande bogate în mucus poate să precizeze mecanismul bronhoconstricţiei în criza de astm bronşic.

Cum ar putea fi descris icterul obstructiv (mecanic) fără imaginea căilor biliare?

Nu se poate concepe o discuţie despre insuficienţa renală acută sau cronică, fără a cunoaşte funcţiile rinichiului.

Miopia şi hipermetropia se demonstrează doar prin noţiuni de anatomie şi fiziologie a ochiului.

Anemiile nu pot fi luate în discuţie fără cunoaşterea datelor despre sângele normal cu elementele lui figurate şi constantele acestora.

Capitolul despre insuficienţa respiratorie şi stările de hipoxie se axează în principal pe circuitul oxigenului şi al dioxidului de carbon în sânge.

Artrozele care apar la vârsta a III-a sunt uşor de înţeles pentru cei care au reţinut structura unei articulaţii mobile.

Cum să fie recomandate medicamentele antiacide, blocantele receptorilor tip H2 sau inhibitorii pompei de protoni în tratamentul ulcerului gastroduodenal fără a cunoaşte compoziţia sucului gastric şi factorii care o influenţează?

Numeroasele leziuni cutanate care alcătuiesc „alfabetul dermatologic" sunt legate strâns de structura histologică a pielii.

Şi pe lângă aceste douăsprezece exemple, culese aleatoriu, sunt încă alte zeci şi zeci care sprijină ideea unei anatomii şi fiziologii umane prezentată şi predată nu numai *descriptiv,* ci şi *aplicativ.* Din acest motiv, fără a reduce noţiunile-cheie ale acestei discipline, am preferat să renunţăm la descrierile prea minuţioase care au doar valoare de inventar, cum ar fi detaliile privind suprafaţa organelor, amănunte de descriere a unor organite celulare sau prezentarea unor formaţiuni fără rol fiziologic important şi am evitat „să despicăm firul de păr în patru" (chiar dacă este vorba de anatomie!). Am făcut însă această selecţie cu cea mai mare atenţie, astfel încât elevul să găsească în fiecare capitol datele fundamentale de anatomie şi fiziologie „clasice" necesare pentru a înfrunta – cu succes – orice probă sau examen în domeniu.

În plus, de-a lungul textului, am introdus o serie de termeni şi denumiri medicale de largă întrebuinţare (anticorpi, ataxie, citostatice, convulsii, colagenoză, hipotonie, mioză, necroză, osteoporoză, strabism, stafilococ, steatoză, tromboză etc.), astfel încât elevele să facă primii paşi în acumularea vocabularului de specialitate, atât de bogat pentru limbajul medical.

Deşi acest manual are particularităţile menţionate, el cuprinde în totalitate materialul prevăzut în **„Anexa nr. 3 la Ordinul M.E.C.T.S., Curriculum pentru nivel 3 avansat şcoala postliceală. Calificarea profesională:**

asistent medical generalist. Domeniul: sănătate şi asistenţă pedagogică – Modulul 3. Anatomie şi fiziologie umană". Puţinele modificări în ordinea prezentării unor capitole sau unor noţiuni nu afectează parcurgerea întregii materii prevăzute în documentul citat şi asigură realizarea celor şase competenţe stabilite pentru disciplina de anatomie şi fiziologie umană.

Respectând ideea de „noţiuni aplicabile", am introdus în acest volum o serie de elemente noi, nefolosite încă în anatomia şi fiziologia predate „în stilul clasic" şi anume: câţiva parametri ai corpului uman necesari în activitatea de asistenţă medicală (formula de calcul a greutăţii corporale medii, indicele de masă corporală, calcularea suprafeţei corporale); valoarea elementelor figurate din sânge exprimată în forma exponenţială – aşa cum apare în hemoleucogramele efectuate prin analizatoarele moderne computerizate – compoziţia unor lichide din organism prezentată pe baza datelor din laboratoarele utilate modern care funcţionează în prezent şi exprimată – pentru unele substanţe – în mmol/litru (exprimare actualmente introdusă în multe centre medicale).

Urmând exemplul unor lucrări de circulaţie internaţională, am notat – alături de termenii în limba română – şi denumirea în limba engleză a titlurilor şi a principalelor formaţiuni anatomice şi funcţii descrise. Această iniţiativă am luat-o gândindu-ne că, după absolvirea şcolii, mulţi elevi îşi doresc un loc de muncă peste hotare şi deci trebuie să înceapă să-şi formeze un bagaj minim de termeni din toate ramurile medicinei, într-o limbă de circulaţie internaţională. Am mai considerat necesar să introducem un capitol nou, pe care îl apreciem ca fiind de o deosebită actualitate: SISTEMUL IMUNITAR (să nu uităm că ne aflăm în plină epocă de răspândire a sindroamelor imunodeficitare, tip SIDA!).

În concluzie, volumul de faţă are un scop didactic bine definit: să stabilească relaţia între diferitele organe, sisteme, aparate şi funcţia lor – pe de o parte – şi patologia care afectează structurile menţionate, – pe de altă parte. Astfel, elevul se va familiariza din timp şi drumul îi va fi netezit către o cunoaştere mai uşoară şi mai logică a fenomenului morbid, care se studiază în anii următori.

Dacă am reuşit sau nu, aceasta o va stabili cel care parcurge lucrarea.

AUTORII

CUPRINS

Abrevieri, simboluri, unităţi de măsură 13

1. DATE FUNDAMENTALE DE ANATOMIE, CITOLOGIE ŞI HISTOLOGIE 17
1.1. Repere topografice şi dimensiuni ale corpului uman **18**
§ Aplicaţii ale unor parametri ai corpului uman în patologie **22**
1.2. Celula **22**
§ Aplicaţii în patologia celulară **31**
1.3. Ţesuturile **32**
1.3.1. Ţesutul epitelial **32**
1.3.2. Ţesutul conjunctiv **33**
1.3.3. Ţesutul muscular **36**
1.3.4. Ţesutul nervos **36**
§ Aplicaţii în patologia tisulară **36**

2. SISTEMUL OSOS ŞI ARTICULAŢIILE 38
2.1. Ţesutul osos **39**
2.2. Procesul de osteogeneză **41**
2.3. Scheletul **45**
2.3.1. Oasele craniului **45**
2.3.2. Scheletul trunchiului **50**
2.3.3. Scheletul membrelor superioare **54**
2.3.4. Scheletul membrelor inferioare **58**
§ Aplicaţii în patologia sistemului osos **62**
2.4. Articulaţiile **63**
§ Aplicaţii în patologia articulară **64**

3. SISTEMUL MUSCULAR 66
3.1. Ţesutul muscular striat **67**
3.1.1. Structura histologică a muşchiului striat **68**
3.1.2. Compoziţia biochimică a muşchilor **71**
3.1.3. Fiziologia muşchilor **72**
3.2. Ţesutul muscular neted **76**
3.3. Muşchii scheletici (musculatura somatică) **78**
§ Aplicaţie în patologia sistemului muscular scheletic **85**

4. SISTEMUL NERVOS 87
4.1. Celule şi fibre nervoase **91**
4.1.1. Neuronul **91**
4.1.2. Celulele gliale **99**
4.1.3. Fibrele nervoase **100**
§ Aplicaţii în patologia celulelor şi a fibrelor nervoase **101**
4.2. Sistemul nervos central (SNC) **102**
4.2.1. Măduva spinării **102**
§ Aplicaţii în patologia măduvei spinării **115**
4.2.2. Nervii spinali **118**
4.2.3. Trunchiul cerebral **120**
4.2.4. Nervii cranieni **127**
§ Aplicaţii în patologia nervilor cranieni **132**
4.2.5. Diencefalul **132**
4.2.6. Nucleii cenuşii centrali (corpii striaţi) **135**
§ Aplicaţie în patologia nucleilor cenuşii centrali **135**
4.2.7. Cerebelul („creierul mic") **135**
§ Aplicaţii în patologia cerebelului **140**
4.2.8. Emisferele cerebrale (creierul) **140**
§ Aplicaţie în patologia emisferelor cerebrale **147**
4.2.9. Funcţiile superioare ale creierului **148**
§ Aplicaţii în patologia unor funcţii superioare ale creierului **153**
4.2.10. Ventriculii cerebrali **154**
§ Aplicaţie în patologia sistemului ventriculilor cerebrali **154**
4.2.11. Meningele **155**
4.2.12. Lichidul cefalorahidian (LCR) **156**
§ Aplicaţie în patologia meningelui şi a lichidului cefalorahidian **156**
4.3. Sistemul nervos vegetativ (SNV) **157**
4.3.1. Sistemul nervos simpatic **158**
4.3.2. Sistemul nervos parasimpatic **161**
4.3.3. Fiziologia sistemului nervos vegetativ **167**
§ Aplicaţie în patologia sistemului nervos vegetativ **167**

5. ANALIZATORII 168
5.1. Analizatorul cutanat şi structura pielii **170**
5.1.1. Structura pielii **171**
5.1.2. Anexele pielii **172**
5.1.3. Funcţiile pielii **173**
5.1.4. Receptorii cutanaţi **174**
5.1.5. Căile sensibilităţii exteroceptive **175**
§ Aplicaţii în patologia pielii **176**
5.2. Analizatorul vizual (optic) şi structura ochiului **177**
5.2.1. Globii oculari (ochii) **178**
5.2.2. Anexele ochilor **182**
5.2.3. Calea optică **183**
5.2.4. Fiziologia vederii **185**
§ Aplicaţii în patologia ochiului **189**

5.3. Analizatorul auditiv şi structura urechii **190**
5.3.1. Componentele urechii **191**
5.3.2. Fiziologia auzului şi calea auditivă **195**
§ Aplicaţii în patologia urechii **197**
5.4. Analizatorul vestibular **197**
5.4.1. Componentele sistemului vestibular **198**
5.4.2. Calea vestibulară **199**
5.4.3. Fiziologia analizatorului vestibular **200**
§ Aplicaţie în patologia sistemului vestibular **200**
5.5. Analizatorul kinestezic **201**
5.5.1. Componentele analizatorului kinestezic **202**
5.5.2. Fiziologia analizatorului kinestezic **203**
§ Aplicaţie în patologia analizatorului kinestezic **204**
5.6. Analizatorul olfactiv **205**
§ Aplicaţie în patologia analizatorului olfactiv **207**
5.7. Analizatorul gustativ **207**

6. APARATUL RESPIRATOR 211
6.1. Căile respiratorii (aeriene) superioare **212**
6.1.1. Nasul şi cavităţile (fosele) nazale **212**
6.1.2. Faringele **215**
6.1.3. Laringele **215**
§ Aplicaţie în patologia căilor respiratorii superioare **217**
6.2. Căile respiratorii (aeriene) inferioare **218**
6.2.1. Traheea **218**
6.2.2. Bronhiile principale şi arborele bronşic **219**
6.2.3. Bronhiolele **220**
§ Aplicaţie în patologia căilor respiratorii inferioare **220**
6.3. Plămânii (pulmonii) **220**
6.4. Pleura **223**
6.5. Fiziologia respiraţiei **224**
6.5.1. Mecanica respiraţiei **224**
6.5.2. Schimburile gazoase **228**
6.5.3. Reglarea respiraţiei **232**
§ Aplicaţii în patologia pulmonară **234**

7. APARATUL CARDIOVASCULAR (CIRCULATOR) ŞI SISTEMUL LIMFATIC 236
7.1. Inima (cordul) **237**
7.1.1. Structura inimii **239**
7.1.2. Vascularizaţia şi inervaţia inimii **241**
7.1.3. Proprietăţile miocardului **242**
7.1.4. Activitatea mecanică („de pompă") a inimii **243**
7.1.5. Activitatea electrică a inimii **245**
7.1.6. Zgomotele inimii **246**
§ Aplicaţii în patologia cardiacă **247**
7.2. Sistemul vascular **247**
7.2.1. Circulaţia sistemică (marea circulaţie) **250**
7.2.2. Circulaţia pulmonară (mica circulaţie) **257**

7.3. Reglarea activităţii cardiovasculare **258**
§ Aplicaţii în patologia vasculară **259**
7.4. Sistemul limfatic **260**
7.4.1. Ganglionii limfatici **260**
7.4.2. Splina **261**
§ Aplicaţie în patologia splinei **264**
7.4.3. Vasele limfatice **264**
7.4.4. Funcţiile sistemului limfatic **267**
§ Aplicaţie în patologia sistemului limfatic **267**

8. SÂNGELE ŞI LIMFA 268
8.1. Sângele **269**
8.1.1. Plasma sanguină **269**
8.1.2. Elementele figurate (celulele sanguine) **274**
8.1.3. Hemostaza şi coagularea sângelui **278**
8.1.4. Grupele sanguine şi factorul Rh **281**
§ Aplicaţii în patologia sângelui şi a organelor hematopoietice **284**
8.2. Limfa **286**

9. APARATUL DIGESTIV 287
9.1. Tubul digestiv **289**
9.1.1. Cavitatea bucală **292**
9.1.2. Faringele **293**
9.1.3. Esofagul **293**
9.1.4. Stomacul **294**
§ Aplicaţie în patologia stomacului **296**
9.1.5. Intestinul subţire **296**
9.1.6. Intestinul gros (colonul) **298**
§ Aplicaţie în patologia intestinală **300**
9.2. Anexele tubului digestiv **300**
9.2.1. Glandele salivare **300**
9.2.2. Ficatul **301**
9.2.2.1. Configuraţia şi structura ficatului **301**
9.2.2.2. Vascularizaţia nutritivă şi funcţională a ficatului. Inervaţia ficatului **304**
9.2.2.3. Căile biliare intra- şi extrahepatice **304**
9.2.2.4. Funcţiile ficatului **305**
§ Aplicaţie în patologia ficatului **307**
9.2.3. Pancreasul **308**
§ Aplicaţie în patologia pancreasului **309**
9.2.4. Peritoneul **310**
9.3. Fiziologia digestiei **310**
9.3.1. Digestia bucală **311**
9.3.2. Digestia gastrică **313**
9.3.3. Digestia intestinală **316**
9.4. Absorbţia intestinală **319**
9.5. Funcţiile intestinului gros **323**

10. APARATUL URINAR 325
10.1. Rinichii **326**
10.2. Căile urinare **330**
10.3. Fiziologia rinichiului. Formarea şi compoziţia urinei **331**
10.3.1. Formarea urinei **331**
10.3.2. Rolul rinichiului în menţinerea volemiei **334**
10.3.3. Rolul rinichiului în reglarea tensiunii **334**
10.3.4. Rolul rinichiului în menţinerea echilibrului acido-bazic **335**
10.3.5. Reglarea activităţii renale **335**
10.4. Fiziologia vezicii urinare **336**
§ Aplicaţii în patologia rinichiului şi a căilor urinare **338**

11. APARATUL REPRODUCĂTOR 339
11.1. Aparatul genital masculin **340**
11.1.1. Testiculul (gonada masculină) **341**
11.1.2. Fiziologia testiculului **343**
§ Aplicaţie în patologia aparatului genital masculin **345**
11.2. Aparatul genital feminin **345**
11.2.1. Ovarul (gonada feminină) **346**
11.2.2. Organele genitale feminine **348**
11.2.3. Ciclul menstrual **349**
11.2.4. Ovulaţia, fecundaţia şi nidaţia **351**
11.2.5. Glanda mamară **352**
§ Aplicaţii în patologia aparatului genital feminin **353**

12. GLANDELE ENDOCRINE 354
12.1. Hipotalamusul **355**
12.2. Hipofiza (glanda pituitară) **358**
12.2.1. Lobul anterior al hipofizei (adenohipofiza) **358**
12.2.2. Lobul intermediar al hipofizei **360**
12.2.3. Lobul posterior al hipofizei (neurohipofiza) **360**
§ Aplicaţii în patologia hipofizei **361**
12.3. Glanda tiroidă **362**
§ Aplicaţii în patologia glandei tiroide **364**
12.4. Glandele paratiroide **365**
§ Aplicaţii în patologia glandelor paratiroide **366**
12.5. Glandele suprarenale **367**
12.5.1. Corticosuprarenala **367**
§ Aplicaţii în patologia glandelor corticosuprarenale **368**
12.5.2. Medulosuprarenala **369**
§ Aplicaţie în patologia medulosuprarenalei **370**
12.6. Pancreasul endocrin **370**
§ Aplicaţie în patologia pancreasului endocrin **372**
12.7. Testiculul (componenta endocrină) **372**
§ Aplicaţie în patologia endocrină a testiculului **373**
12.8. Ovarul (componenta endocrină) **373**
12.9. Epifiza (glanda pineală) **374**

13. METABOLISMUL. TERMOREGLAREA. NECESARUL NUTRIȚIONAL ȘI ENERGETIC 375

13.1. Metabolismul intermediar **379**

13.1.1. Metabolismul intermediar protidic **379**

13.1.2. Metabolismul intermediar lipidic **384**

13.1.3. Metabolismul intermediar glucidic **386**

13.1.4. Interrelații în cadrul metabolismului intermediar **387**

§ Aplicație în patologia metabolismului intermediar **388**

13.2. Metabolismul energetic **389**

13.3. Metabolismul unor substanțe minerale **391**

13.4. Termoreglarea **393**

13.5. Necesități nutriționale și energetice. Rația alimentară **394**

§ Aplicație referitoare la carențele alimentare **397**

14. SISTEMUL IMUNITAR 398

14.1. Formațiuni, structuri și organe aparținând sistemului imunitar **400**

14.1.1. Sângele **400**

14.1.2. Ganglionii limfatici și alte formațiuni limfoide **400**

14.1.3. Splina **403**

14.1.4. Timusul **403**

14.1.5. Sistemul reticulo-endotelial (sistemul fagocitar mononuclear) **404**

14.1.6. Reticulul măduvei hematopoietice **405**

14.1.7. Celulele Kupffer din ficat **405**

14.1.8. Insulele de macrofage din plămâni **405**

14.1.9. Componenta conjunctivă din țesutul celulo-adipos subcutanat **405**

14.2. Mijloace nespecifice de apărare a organismului **406**

14.3. Mijloace specifice de apărare **407**

14.3.1. Imunitatea mediată umoral **409**

14.3.2. Imunitatea mediată celular **409**

§ Aplicații în patologia sistemului imunitar **409**

Bibliografie selectivă 411

ABREVIERI, SIMBOLURI, UNITĂȚI DE MĂSURĂ

a = arteră

Å = Ångström = 10^{-10} m (a zece miliarda parte dintr-un μm): unitate de lungime folosită ca măsură a lungimii de undă şi a dimensiunilor atomice, în prezent tot mai puțin utilizată

α = litera grecească alfa mic, prima literă a alfabetului, utilizată în numeroase formule în matematică, fizică, în biologie, în enumerări etc.

ADN = acid de(s)oxiribonucleic

ADP = acid adenozin difosforic (adenozin difosfat)

ARN = acid ribonucleic

ATP = acid adenozin trifosforic (adenozin trifosfat)

C = carbon, elementul chimic dominant în toate substanțele organice

Ca = calciu, element chimic cu caracter metalic, prezent în cantitate mică în plasmă (unde apare şi sub forma ionică = Ca^{++}), şi în cantitate foarte mare în țesutul osos şi în compoziția dintelui. Roluri multiple în organism, plastice şi funcționale

cap. = capitol

Cl = clor, anion prezent în celule şi – în cantități mari – în mediile lichide ale organismului: plasmă, lichid cefalo-rahidian, urină. Se găseşte mai ales combinat cu sodiul, sub formă de clorură de sodiu

dl = decilitru = 100 ml. În prezent, concentrația substanțelor în lichidele din organism NU se mai exprimă %, ci în mg/dl

ECG (sau EKG) = electrocardiograma = înregistrarea curenților electrici de acțiune în cursul ciclului cardiac

EEG = înregistrarea curenților electrici de acțiune ai emisferelor cerebrale

ex.: = spre exemplu

Fe = fier, element metalic prezent în molecula de hemoglobină (ca atom bivalent) şi în moleculele unor enzime intracelulare

fl = femtolitru = 10^{-15} l (1 fl corespunde ca volum la 1 μm^3)

γ = litera grecească gamma mic, a treia literă a alfabetului, utilizată pentru diferite unităţi sau formule

H = hidrogen, element chimic prezent în toţi acizii şi în majoritatea substanţelor organice

Hb = hemoglobină, metaloproteină constituind pigmentul roşu din eritrocite

HIV = human immunodeficiency virus (lb. engleză) = virusul imunodeficienţei umane = agentul etiologic al bolii SIDA

IMC = indice de masă corporală

K = kaliu = potasiu, cation reprezentat cel mai mult în mediul intracelular, având şi rol în contracţia musculară

kcal = kilocalorie

kDa = kilodaltoni = 1.000 Da (daltoni), unitate de masă utilizată în biologia moleculară. Un dalton = a 12-a parte din masa unui atom de carbon, adică $1{,}66 \times 10^{-24}$ g

kgc = kilocorp = kilogram de greutate corporală

kJ = kilojouli, unitate de energie (1 kJ = 4,185 kcal)

λ = litera grecească lambda mic, utilizată pentru diferite unităţi sau formule

LCR = lichid cefalo-rahidian

m. = muşchi

mEq = miliechivalent, cantitatea de substanţă care se poate combina cu 8 mg de oxigen; concentraţia anumitor substanţe din mediile biologice se exprimă în mEq/l. Formula de transformare este:

$$\text{mEq/l} = \frac{\text{mg/dl} \times 10 \times \text{valenţa}}{\text{masa atomică (sau moleculară)}}$$

mmol = milimoli = cantitatea de substanţă, egală cu masa atomică (sau moleculară) exprimată în grame. În unele centre medicale din România şi din străinătate, concentraţia substanţelor din mediile biologice şi din soluţii se exprimă în mmol/l în loc de mg/dl. Formula de transformare este:

$$\text{mmol/l} = \frac{\text{mg/dl} \times 10}{\text{masa atomică (sau moleculară)}}$$

mV = milivolt = 10^{-3} volţi

µl = mcl = 10^{-6} l (1 µl corespunde ca volum la 1 mm^3) (= a milioana parte dintr-un litru)

µm = 10^{-6} m (= 1 micron) (= a milioana parte dintr-un metru)

n. = nerv

N = azot (nitrogen), gaz inert, prezent în aerul respirator în proporție de 79% şi component al tuturor proteinelor, al tuturor aminoacizilor, al tuturor substanțelor de deşeu rezultate din dezintegrarea – în cadrul metabolismului intermediar – a proteinelor şi a aminoacizilor (substanțe de deşeu: uree, acid uric, creatinină, amoniac etc.)

Na = natriu = sodiu, cation reprezentat în cantități mari în plasma sanguină şi în spațiul extracelular în general

nm = nanometru = 10^{-9} m (a miliarda parte dintr-un metru)

O_2 = oxigen, element chimic gazos, existent în aerul respirator în proporție de 20,90%, indispensabil pentru materia vie, prezent în compoziția a numeroase substanțe organice

ORL = otorinolaringologie

pg = picogram = 10^{-12} g

ROT = reflexe osteotendinoase

SC = suprafața corporală

SIDA = syndrome immunodéficitaire acquis (lb. franceză) = sindrom imunodeficitar dobândit

SNC = sistemul nervos central

SNV = sistemul nervos vegetativ

TA = tensiune arterială

u.i. = unități internaționale

v. = venă

→ vezi, consultă!

1. DATE FUNDAMENTALE DE ANATOMIE, CITOLOGIE ŞI HISTOLOGIE *[ANATOMY, CYTOLOGY AND HISTOLOGY BASIC DATA]*

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Agonist* = substanţă care concură (la fel ca altele) la producerea unui anumit efect; sau un muşchi care participă (împreună cu alţii) la o anumită mişcare.
- *Antagonist* = substanţă care împiedică (blochează) o anumită acţiune; sau un muşchi cu acţiune opusă altui muşchi (sau unei anumite mişcări).
- *Anatomie* = ştiinţa formei şi structurii organismelor vii.
- *Autoanticorpi* → Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR.
- *Biologie celulară* [ştiinţă întemeiată de savantul român George Emil Pallade (1912-2008), laureat al premiului Nobel pentru fiziologie şi medicină, în 1974] = studiul structurii şi funcţionării celulei la nivel molecular.
- *Carioliză* = topirea (disoluţia) nucleului celular.
- *Cariorexis* = fragmentarea nucleului celular.
- *Cariotip* = reprezentarea figurată şi clasificată a garniturii cromozomiale a celulei (la om sunt 23 de perechi de cromozomi). La bărbat cariotipul este 46, XY (adică în total 46 de cromozomi, dintre care 2 sunt cromozomii sexuali X şi Y); la femeie cariotipul este 46, XX (adică în total 46 de cromozomi, dintre care 2 sunt cromozomii sexuali: X şi X).
- *Celulă ciliată* = celulă care prezintă la suprafaţă nişte microvilozităţi („perişori" microscopici).
- *Citologie* = studiul morfologiei, structurii şi fiziologiei celulelor vii prin diferite metode de microscopie (inclusiv microscopie electronică).
- *Colagen* = proteină complexă, cu masa moleculară de cca 300 kDa [= kilodaltoni], reprezentată abundent în ţesutul conjunctiv fibros din derm şi din tendoane.

- *Extremitatea cefalică* = capul.
- *Fiziologie* = ştiinţa funcţiilor normale ale structurilor vii, a factorilor care influenţează aceste funcţii şi a mecanismelor prin care se defăşoară.
- *Histologie* = ştiinţa care studiază, prin metode microscopice, structura, compoziţia şi funcţiile ţesuturilor normale.
- *Histopatologie* = ştiinţa care studiază modificările ţesuturilor (leziunile lor) în diferite boli.
- *Interstiţiul unui organ* = spaţiul ocupat de ţesutul conjunctiv de susţinere şi de legătură din interiorul acelui organ (este apropiat de noţiunea de stromă).
- *Liză* = distrugere, disoluţie, topire (folosit de obicei ca sufix la un alt cuvânt). Ex.: citoliză.
- *Necroză* = moarte celulară patologică, survenită în cadrul unor boli sau sub acţiunea unor factori fizici ori chimici.
- *Organite* = formaţiuni microscopice diferenţiate din interiorul celulei, cu anumite specializări funcţionale.
- *Parenchim* = totalitatea celulelor specifice şi funcţionale ale unui organ dens (compact, ex.: ficat, splină, rinichi) sau ale unei glande. A se deosebi de interstiţiul unui organ!
- *Reticulină* = proteină componentă a fibrelor de conexiune din ţesutul reticular (unul dintre tipurile de ţesut conjunctiv).
- *Spaţiu interstiţial* = spaţiul (uneori virtual) care există între celule sau ţesuturi şi prin care au loc schimburile imediate dintre celule şi mediul pericelular.
- *Steatoză hepatică* = acumularea patologică de trigliceride (grăsimi neutre) în citoplasma celulelor hepatice. Este una din modificările patologice grave suferite de ficat.

1.1. REPERE TOPOGRAFICE ŞI DIMENSIUNI ALE CORPULUI UMAN

[Guide marks and dimensions of the human body]

• **Părţile componente principale ale corpului uman** ***[The main constituents of the human body],*** privit în ansamblu, sunt:

– Capul = extremitatea cefalică. La adult reprezintă 1/8 din înălţimea totală a corpului.

– Trunchiul, împărţit în interior în două mari cavităţi aproximativ egale: cavitatea toracică şi cavitatea abdominală, separate între ele prin diafragm.

– Membrele superioare, legate de trunchi prin centura scapulară; fiecare membru superior este format din braţ, antebraţ şi mână (care, la rândul ei, cuprinde regiunea carpiană, regiunea metacarpiană şi degetele).

– Membrele inferioare, legate de trunchi prin centura pelvină, reprezentată prin osul coxal (format la rândul lui prin fuziunea a trei oase: ilion, ischion şi pubis); fiecare membru inferior este format din coapsă, gambă şi picior (care, la rândul lui, cuprinde regiunea tarsiană, regiunea metatarsiană şi degetele picioarelor).

• **Planurile de referinţă ale corpului uman *[Reference planes]*** (fig. 1.1).

– **Planul mediosagital** este planul vertical, cu orientare antero-posterioară, perpendicular pe mijlocul frunţii şi care împarte corpul în două jumătăţi simetrice: jumătatea dreaptă şi cea stângă.

– **Plan sagital** (în general): orice plan vertical paralel cu planul mediosagital.

– **Plan frontal**: orice plan vertical paralel cu fruntea.

– **Plan transversal**: orice plan perpendicular pe axul unei formaţiuni anatomice. În cazul trunchiului uman este un plan orizontal, aproximativ perpendicular pe coloana vertebrală.

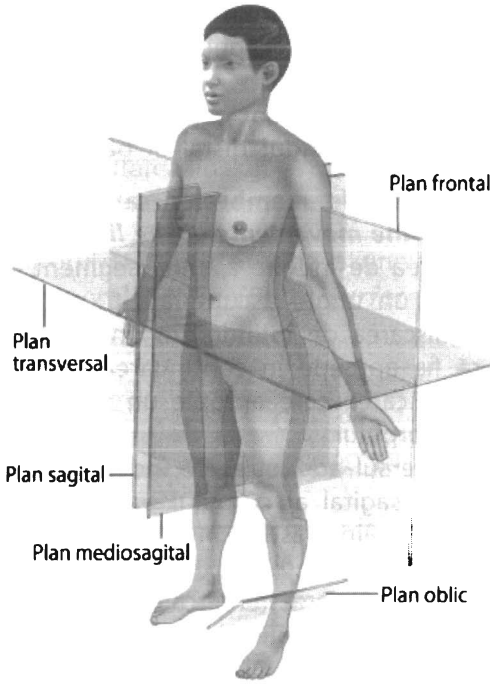


Fig. 1.1 – Planurile de referinţă ale corpului uman.

• **Repere la trunchi și la membre** ***[Guide marks at the trunk and the limbs]***

– **Cranial** («înspre craniu»; la om = superior) se spune despre o formațiune (un reper) de pe trunchi situat mai aproape de extremitatea cefalică față de o altă formațiune (un alt reper). Ex.: vertebrele cervicale sunt situate cranial față de cele toracale.

– **Caudal** («înspre coadă»; la om = inferior) se spune despre un reper de pe trunchi sau de la extremitatea cefalică situat mai aproape de osul sacrococcigian față de un alt reper. Ex.: ureterul este situat caudal față de bazinetul renal.

– **Ventral:** la om = anterior. Ex.: sternul este osul care delimitează ventral cutia toracică.

– **Dorsal**: la om = posterior. Ex.: apofiza spinoasă se află în partea dorsală a vertebrei.

– **Paramedian**: situat în imediata apropiere a planului mediosagital. Ex.: mușchii drepți abdominali sunt situați paramedian, formând o parte din peretele abdominal anterior.

– **Medial:** mai apropiat de planul mediosagital față de un alt reper (sinonim incorect = intern). Ex.: tibia este osul medial al gambei.

– **Lateral:** mai îndepărtat de planul mediosagital față de un alt reper (sinonim incorect = extern). Ex.: radiusul este osul lateral al antebrațului.

~ **La membre**

– **Proximal** este un reper situat mai aproape de articulația cu trunchiul față de un alt reper. Ex.: capul humerusului este porțiunea cea mai proximală a acestui os.

– **Distal** este un reper situat mai departe de articulația cu trunchiul. Ex.: osul trapez se găsește în rândul distal al oaselor carpiene.

• **Referitor la mișcări ale membrelor sau ale unor segmente de membru** ***[With regard to the movements of the limbs or of their segments]***

– **Flexie** este mișcarea de îndoire a unui (segment de) membru, astfel încât ajunge să formeze un unghi ascuțit față de segmentul învecinat.

– **Extensie** este mișcarea de întindere a unui (segment de) membru, astfel încât ajunge să fie aproape în continuarea segmentului învecinat.

– **Adducție** este mișcarea care apropie un (segment de) membru de planul mediosagital al corpului.

– **Abducție** este inversul adducției: se îndepărtează un (segment de) membru de planul mediosagital al corpului.

– **Pronație:** rotirea mâinii astfel încât palma care privea anterior ajunge să privească posterior.

– **Supinație:** rotirea mâinii astfel încât palma care privea posterior ajunge să privească anterior.

– **Rotație internă:** mișcarea semicirculară care aduce un segment de membru în pronație.

– **Rotaţie externă:** mişcarea semicirculară care aduce un segment de membru în supinaţie.

– **Circumducţie:** rotirea completă (360°) a unei formaţiuni (globii oculari) sau a unui membru, astfel încât mişcarea descrie un con imaginar cu vârful în articulaţia acelui membru cu trunchiul (ex.: rotirea braţului din umăr).

• **Dimensiuni *[Dimensions]***

– **Greutatea corporală normală (medie) a adultului *[Normal body weight in adults].*** Se calculează după formula recomandată de ***Metropolitan Life Insurance***.

Pentru bărbaţi:

$$G = 50 + [0{,}75(T - 150)] + \frac{V - 20}{4}$$

formulă în care: G = greutatea în kilograme;
T = înălţimea în cm;
V = vârsta în ani.

Pentru femei: rezultatul aceleiaşi formule înmulţit cu 0,9.

Rezultă că un bărbat în vârstă de 24 de ani, cu înălţimea de 170 cm, trebuie să aibă greutatea de 66 kg. O femeie cu aceeaşi vârstă şi aceeaşi înălţime trebuie să cântărească 59,4 kg.

– **Indicele de masă corporală (IMC) *[Body mass index (BMI)]***

$$IMC = \frac{G}{I^2}$$

formulă în care: G = greutatea în kg;
I = înălţimea în metri.

IMC este indicatorul stării de nutriţie a unei persoane.

– **Suprafaţa corporală (SC) *[Body surface area (BSA)]*** se poate calcula după formula:

$$SC = \frac{4G + 7}{G + 90}$$

formulă în care: SC = suprafaţa corporală în m^2;
G = greutatea în kg.

Rezultă că o persoană cântărind 66 kg are cca 1,73 m^2. Valorile sunt însă mai exacte prin folosirea nomogramelor pentru suprafaţa corporală, întrucât acestea iau în calcul şi înălţimea. SC este un parametru deosebit de important în terapeutică (dozarea anumitor medicamente fiind stabilită pe m^2 de suprafaţă corporală) şi în calcularea clearance-urilor.

• **Organizarea generală a corpului uman *[The general organization of the human body].*** Cuprinde următoarele componente, în ordine crescătoare ca dimensiuni şi complexitate funcţională [→ Tabelul 1.1].

TABELUL 1.1

Organizarea generală a corpului uman

Celule	<Ţesuturi	<Organe	<Sisteme şi aparate	<Organismul uman
unităţile de bază	agregate celulare	asocieri de ţesuturi	asocieri de organe concurând la îndeplinirea aceleiaşi funcţii	un tot unitar

§ APLICAŢIILE UNOR PARAMETRI AI CORPULUI UMAN ÎN PATOLOGIE *[Applications of some human body parameters in pathology]*

Indicele de masă corporală (IMC) este cea mai fidelă reflectare a stării de nutriţie a unei persoane. Normal, la adulţi se situează între limitele 20-25. Între 25-30, arată status supraponderal. Între 30-35, indică obezitate gradul I, între 35-40, obezitate gradul II; peste 40, obezitate morbidă. Sub 18, arată stare de subnutriţie. La copii, pentru calcularea IMC se utilizează nomograme care iau în calcul şi vârsta.

Suprafaţa corporală (SC) este folosită la calcularea şi evaluarea clearance-urilor (clearance-ul unei substanţe = volumul virtual de plasmă epurat de acea substanţă în unitatea de timp, calculat prin raportul dintre debitul cu care se elimină o substanţă prin urină şi concentraţia sa plasmatică). De exemplu, clearance-ul creatininei endogene este de cca 80-120 ml/minut/m^2. Scăderea sa treptată în cursul insuficienţei renale cronice arată agravarea bolii. În plus, unele medicamente (ex. citostaticele) se dau în doze calculate pe m^2 de suprafaţă corporală (şi NU după greutatea corporală).

1.2. CELULA
[The cell]

Reprezintă unitatea de bază structurală şi funcţională a organismului. Forma celulelor este variabilă, după organul unde se află şi funcţia pe care

o îndeplinesc: celule de formă cubică (în epiderm), de formă aplatizată (în tunica internă a vaselor sanguine), prismatică (în canalul ependimar al măduvei spinării), cilindrică (în intestinul subţire), poliedrică (hepatocitul), fusiformă (celula musculară netedă viscerală), caliciformă (în mucoasa gastrică), ciliată (în epiteliul bronhiilor), discoidală (hematia), piramidală (neuronii din aria somatomotorie a scoarţei cerebrale), stelată (neuronii motori din coarnele anterioare ale măduvei spinării) etc. Are dimensiuni variabile, cu diametrul de la 6 μm (limfocitul mic) până la 200 μm (ovulul). Numărul total de celule din organismul uman se apreciază a fi de cca 10^{17} (= 100 de trilioane).

Componentele celulei sunt: citoplasma, nucleul şi membrana celulară (fig. 1.2).

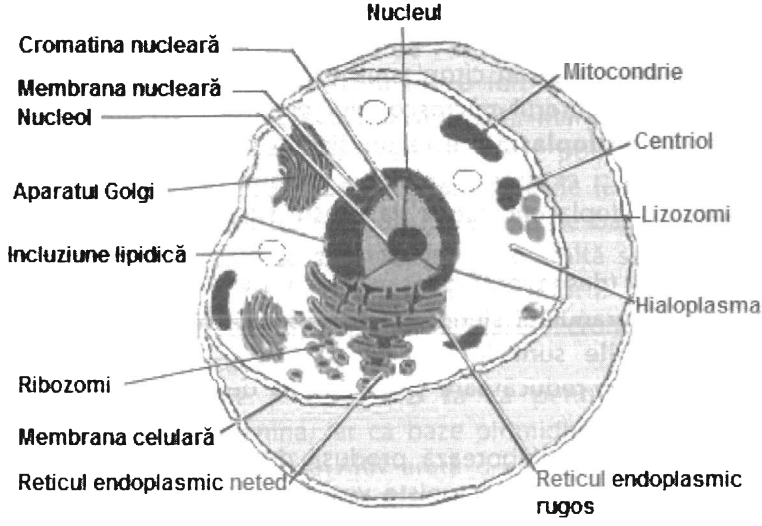


Fig. 1.2 – Celula şi componentele ei.

1.2.1. CITOPLASMA *[The cytoplasm]*

Formează cea mai mare parte din masa celulei şi este organizată ca un sistem coloidal, în care mediul de dispersie îl reprezintă apa. Constituenţii chimici sunt numeroşi:

– **Apa intracelulară** este apa de constituţie, reprezentând faza de dispersie a sistemului coloidal intracelular. De notat că, în compoziţia corpului la persoanele adulte, apa (însumând toate formele sub care se găseşte

în organism, adică intracelulară şi extracelulară) reprezintă cca 60% din greutatea corporală.

– Dintre **substanţele organice**, în majoritatea celulelor predomină proteinele de diferite feluri şi nucleoproteinele (în nucleu, intrând în compoziţia cromatinei nucleare). În plus, există glucide (sub forma de stocare ca glicogen în ficat şi în ţesutul muscular) şi lipide sub formă de incluziuni (particule tranzitorii separate de restul materiei vii din citoplasmă). De notat că, în ţesutul adipos, lipidele ocupă majoritatea volumului intracelular sub formă de grăsimi neutre (trigliceride).

– Dintre **substanţele minerale** predomină potasiul (cu rol în transmiterea influxului nervos şi în contracţia musculară). Fosforul şi sărurile de calciu (fosfat tricalcic, clorură de calciu) se întâlnesc din abundenţă în ţesutul osos şi la dinţi. În celule specializate (ex. eritrocite) se găseşte şi fier.

Hialoplasma este porţiunea amorfă şi omogenă a citoplasmei în care se află organitele şi incluziunile celulare.

Toate celulele conţin în citoplasmă **organite comune** care au putut fi studiate numai cu ajutorul microscopului electronic:

– **Reticulul endoplasmic** este un sistem de canalicule care fac legătura dintre nucleu şi exteriorul celulei. Cuprinde reticulul endoplasmic neted şi reticulul endoplasmic rugos (la acesta sunt ataşaţi o parte din ribozomi).

– **Ribozomii** (descoperiţi de savantul român George-Emil Palade) se prezintă ca nişte granulaţii sferice şi au rol în sinteza proteinelor specifice.

– **Mitocondriile** sunt formaţiuni acoperite cu o membrană dublă, conţin enzime oxido-reducătoare şi au funcţia de producere a energiei celulare.

– **Aparatul Golgi** elaborează produşii de secreţie a celulei.

– **Lizozomii** se prezintă ca nişte vezicule conţinând enzime hidrolitice care intervin în digestia intracelulară.

– **Centrul celular (centrozomul)** se află situat în apropierea nucleului şi are rol în diviziunea celulară, formând fusul de diviziune. În interiorul centrozomului se află doi centrioli, organite alcătuite din câte nouă tripleţi de microtubuli paraleli.

– **Microtubulii** sunt formaţiuni intracitoplasmatice de tip tubular, cu rol în menţinerea formei celulei, în mişcarea organitelor celulare şi a incluziilor şi care formează fusul de diviziune celulară în cursul mitozei.

Incluziunile citoplasmatice sunt formaţiuni tranzitorii elaborate de celulă şi care nu aparţin materiei vii. Se prezintă ca nişte vacuole conţinând substanţe nutritive (glicogen, lipide = incluziuni lipidice), produşi ai secreţiei celulare, pigmenţi.

1.2.2. NUCLEUL *[The nucleus]*

O celulă are cel mai frecvent un singur nucleu. Există şi celule anucleate (hematiile), dar şi celule polinucleate (fibrele musculare striate). Componentele nucleului – detaliate prin microscopie electronică – sunt:

– **Carioplasma (nucleoplasma)**, care se prezintă ca o reţea formată din granulaţii fine de cromatină conţinând *acidul de(s)oxiribonucleic (ADN)* şi proteine. Din aceste granulaţii – în momentul diviziunii celulare – se formează cromozomii. Alături de ADN există *acidul ribonucleic (ARN)*, ambii fiind acizi nucleici. Acizii nucleici sunt polimeri de nucleotide care, la rândul lor, sunt formate din acid fosforic + un nucleozid [adică o pentoză (riboză sau de(s)oxiriboză) legată de o bază purinică sau pirimidinică].

Acidul de(s)oxiribonucleic are în structura sa ca pentoză, de(s)oxiriboza, ca baze purinice: adenina şi guanina, iar ca baze pirimidinice: citozina şi timina. Reprezentarea unei molecule de ADN arată o configuraţie spaţială ca a unei scări de lemn, dar răsucită într-o formă helicoidală, deci având forma unei duble spirale (moleculă bicatenară). Marginile (barele laterale) ale acestei scări sunt formate din câte un lanţ polinucleotidic lung, cu formă spiralată, dar cele două bare sunt antiparalele (au polaritate opusă). Treptele scării descrise sunt formate din perechile de baze (o bază purinică + o bază pirimidinică), care se succedă într-o anumită secvenţă. ADN este purtătorul informaţiei genetice, mai precis purtătorul genelor. Din acest acid nucleic derivă – în cursul diviziunii celulare – cromozomii care, în totalitatea lor, alcătuiesc cariotipul speciei.

Acidul ribonucleic are în structura sa ca pentoză, riboza, ca baze purinice tot adenina şi guanina, iar ca baze pirimidinice citozina şi uracilul. Reprezentarea unei molecule de ARN arată o configuraţie spiralată a unui singur lanţ (moleculă monocatenară) format dintr-o secvenţă de nucleotide. Informaţia genetică este transcrisă de la ADN la ARN. Funcţia principală a ARN este convertirea informaţiei genetice de la gene în secvenţele de aminoacizi ale proteinelor. Există: ARN de transfer (ARNt) care transportă moleculele de aminoacizi ce vor fi folosite pentru sinteza de proteine; ARN mesager (ARNm) care transportă informaţia sub forma secvenţei genetice de la ADN la ribozomi, dirijând sinteza proteinelor; ARN ribosomal (ARNr) care catalizează formarea legăturilor peptidice (fig. 1.3).

– **Nucleolul**: unic sau multiplu, este un corpuscul mic, dens, sferic şi omogen, cu rol în sinteza proteinelor.

– **Corpusculul Barr** este o formaţiune mică, formată din cromatină, ataşată la membrana nucleară şi prezentă numai la sexul feminin. În situaţiile de litigiu asupra sexului (cazuri de hermafroditism), acest corpuscul defineşte sexul real: cel feminin.

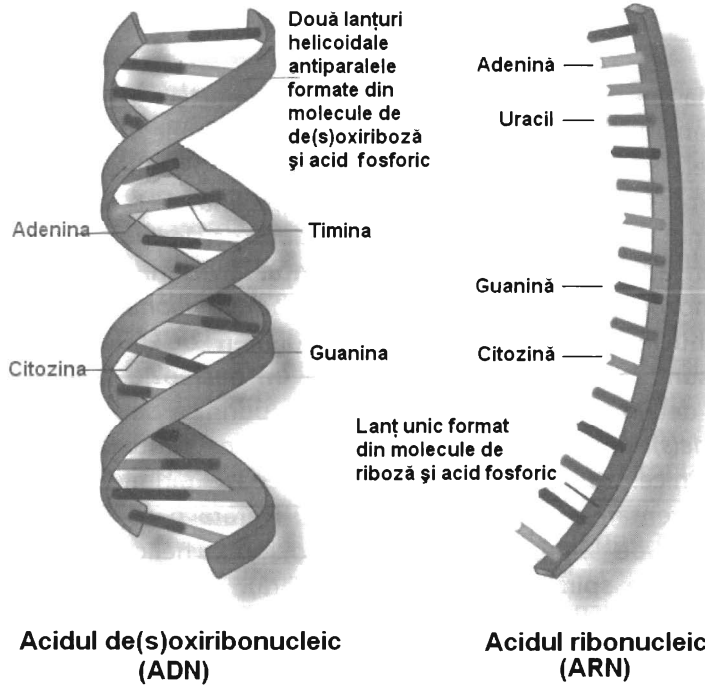


Fig. 1.3 – Acizii nucleici.

– **Membrana nucleară**, care înveleşte nucleul, este dublă şi prevăzută cu pori.

1.2.3. MEMBRANA CELULARĂ *[The plasma membrane, the cell membrane]*

Are o structură trilaminată, straturile extern şi intern fiind formate din proteine, iar stratul mijlociu din fosfolipide. Prezintă o permeabilitate selectivă şi este polarizată electric, în repaus suprafaţa exterioară având sarcini electrice pozitive, iar în interiorul membranei celulare existând sarcini electronegative. Prin această polarizare se creează un gradient de sarcini electrice între interiorul şi mediul extern al celulei care, în perioadele de inactivitate (potenţialul de repaus), are valoarea de cca 90 mV. Fenomenele electrofiziologice sunt importante în special pentru celulele musculare (care au funcţia contractilă) şi pentru neuroni (care au funcţia de generare şi de transmitere a influxului nervos).

Funcțiile membranei celulare sunt dominate de schimburile care se desfășoară la nivelul ei. Prin membrană au loc schimburi de substanțe dinspre mediul care înconjoară celula (spațiul interstițial, capilare sanguine) către celulă și de la celulă înspre acest mediu. Aceste schimburi alcătuiesc transportul transmembranar care poate fi:

– **transport transmembranar pasiv**, unde intervin: diferența (gradientul) de concentrație, difuziunea și osmoza;

– **transport transmembranar activ**, unde acționează eliberarea de energie de către acidul adenozintrifosforic, deplasarea unor proteine transportoare și pompele ionice ($Na^+ \leftrightarrow K^+$ și $Ca^{++} \leftrightarrow Mg^{++}$).

Prezentăm o enumerare a tuturor mecanismelor care intervin în transportul transmembranar:

– **difuziunea**, prin care substanțele liposolubile trec direct prin dublul strat lipidic al membranei (transport pasiv);

– **folosirea canalelor ionice** (ca transport pasiv);

– traversarea membranei celulare **prin pori** (orificii la suprafața membranei) sau **prin joncțiuni comunicante** (canale intercelulare care permit trecerea moleculelor cu masa $\leq$900);

– **difuziune facilitată** prin intermediul unor transportori specifici, fără consum de energie metabolică;

– **cotransport:** transport simultan prin membrană a două sau mai multe substanțe (ioni, metaboliți) în același sens (denumit simport, ex.: transportul activ de glucoză + Na^+) sau în sensuri opuse (denumit antiport, ex.: pompa de sodiu-potasiu);

– **transport activ prin pompe ionice** (ex.: pompa gastrică de protoni care favorizează producția de acid clorhidric din sucul gastric);

– **transportul polipeptidelor** prin membrana reticulului endoplasmic.

• **Receptorii de membrană** sunt proteine sau glicoproteine integrate în membrana celulară care au o deosebită importanță pentru procesele fiziologice, dar și pentru acțiunea unor medicamente. Ei mediază acțiunea (agonistă sau antagonistă) a numeroase substanțe asupra celulei. Există receptori pentru mediatorii chimici (ex. receptori pentru acetilcolină), receptori pentru hormoni (inclusiv cei fabricați sintetic: pentru insulină, receptori pentru adrenalină și noradrenalină, pentru vasopresină), receptori pentru medicamente (farmacoreceptori pentru digitalice, opiacee) etc. Toți aceștia, având o mare specificitate, asigură efectul stimulant sau inhibitor al substanțelor asupra celulei unde acționează.

1.2.4. FUNCŢIILE CELULEI VII ÎN ANSAMBLU *[The functions of the living cell as a whole]*

– **Respiraţia celulară** se realizează prin procese de oxidare a substanţelor organice, până la nivelul de dioxid de carbon şi apă. La acest fenomen participă numeroase sisteme enzimatice.

– **Catabolismul** este ansamblul de reacţii biochimice prin care sunt degradate macromoleculele de proteine, glucide şi lipide, eliberând energia necesară proceselor de biosinteză, de transport, de mişcare.

– **Anabolismul** este procesul opus catabolismului: totalitatea reacţiilor prin care se produce asimilarea substanţelor nutritive şi procesele de sinteză având drept rezultat elaborarea de molecule pentru ţesuturi („construirea" de materie vie). Cele două procese antagoniste – catabolismul şi anabolismul – realizează metabolismul celular, demonstrând că celula vie este continuu străbătută de un curent de materie.

– **Endocitoza**: captarea sau încorporarea în celulă a unor substanţe care nu pot pătrunde prin mecanismele de transport ale membranei celulare. Ex.: fagocitoza (captarea de germeni bacterieni, care apoi vor fi digeraţi), pinocitoza (încorporarea unor picături foarte mici de lichid) şi endocitoza mediată de receptori.

– **Exocitoza**: secretarea în exterior a unor molecule sintetizate în celulă, sub formă de vezicule membranare. Celulele din glande, specializate în eliberarea de secreţii, realizează în mod constant această activitate [→ Glandele la 1.3.1. ŢESUTUL EPITELIAL].

– **Funcţia de înmulţire celulară** → 1.2.5. DIVIZIUNEA CELULARĂ.

– **Ciclul celular** este ansamblul modificărilor care au loc în celulă de la perioada sa de formare ca entitate independentă până când începe diviziunea celulară. La om există: faza G_1 care urmează imediat după formarea celulei în urma diviziunii celulei-mamă (celula are în acest moment configuraţie diploidă = 2N cromozomi); faza S este cea de duplicaţie a ADN, care se încheie cu formarea a câte două cromatide din fiecare cromozom; faza G_2 care este interfaza; faza M marchează mitoza. Delimitarea acestor faze este importantă în strategia de administrare a unor citostatice (medicamente anticanceroase), fiecare dintre acestea putând acţiona în faze diferite ale ciclului celular.

1.2.5. DIVIZIUNEA CELULARĂ *[The cell division]*

Este fenomenul prin care o celulă se separă în alte două celule-fiice. În organismul uman toate celulele somatice (exceptând neuronii, care NU

se divid deloc) se divid prin mitoză. Celulele germinative (gameţii, adică spermatozoizii şi ovulele) se divid prin meioză.

• **MITOZA,** diviziunea celulelor somatice, este de tip ecuaţional, adică celulele-fiice se aleg cu acelaşi număr de cromozomi ca celula-mamă: la om, sunt în total 46 de cromozomi (formulă diploidă = 2N), dintre care 44 sunt autozomi şi 2 sunt gonozomi (cromozomi sexuali). Gonozomii diferă la bărbaţi (care au XY) faţă de femei (care au XX) (fig. 1.4). Fazele mitozei sunt:

I. Interfaza în care există numai replicarea ADN şi creşterea în volum a celulei, fără ca să înceapă individualizarea cromozomilor.

II. Profaza: cromatina nucleară apare dispusă sub forma unui cordon care se fragmentează în continuare în cromozomi (în număr de 46). Centrul celular se divide, cei doi centrioli se aşază la poluri diferite şi între ei apare fusul de diviziune alcătuit din fibre foarte fine de natură proteică.

III. Prometafaza: membrana nucleară dispare, cromozomii aderă la fusul de diviziune.

IV. Metafaza: cromozomii se scindează fiecare în câte două cromatide şi se dispun în coroană în planul ecuatorial al celulei. Rezultă 46 de cromatide de fiecare parte a planului menţionat.

V. Anafaza: fiecare grup de 46 de cromatide se orientează spre polul cel mai apropiat al fusului de diviziune.

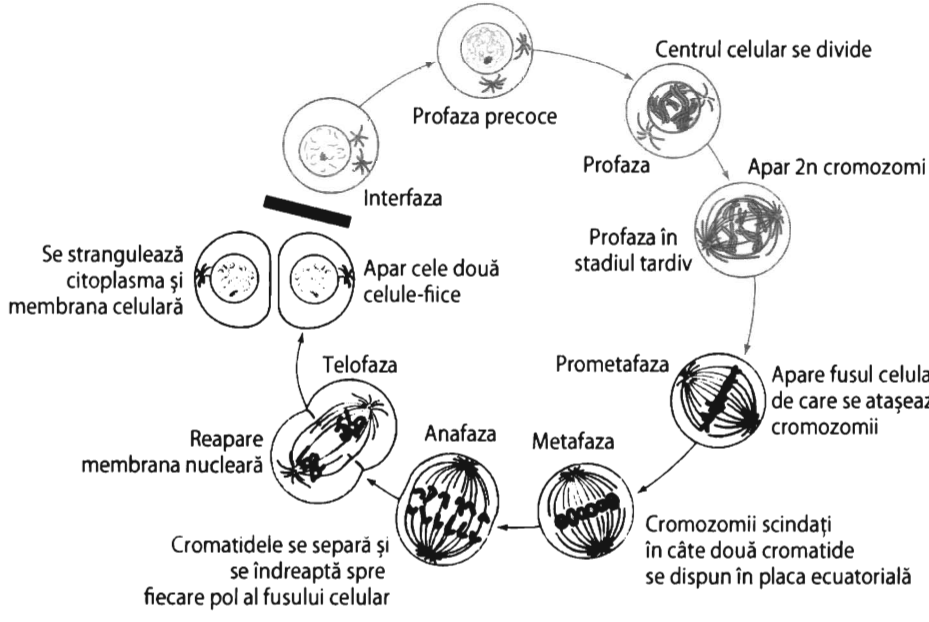


Fig. 1.4 – Mitoza.

VI. Telofaza: nucleul celor două celule-fiice se reface cu toate structurile lui, iar cromozomii dispar, fiind înlocuiţi cu cromatina nucleară. Prin strangulare la mijloc, celula-mamă se divide complet în cele două celule-fiice.

• **MEIOZA,** diviziunea celulelor sexuale (din care rezultă gameţii, adică spermatozoizii la sexul masculin şi ovulele la sexul feminin), are iniţial o fază reducţională, adică celulele-fiice se aleg cu jumătate din numărul de 2N cromozomi ai celulei-mamă. Rezultă formula haploidă N = 23, dintre care 22 sunt autozomi şi unul este cromozom sexual, X sau Y (fig. 1.5). Etapele meiozei:

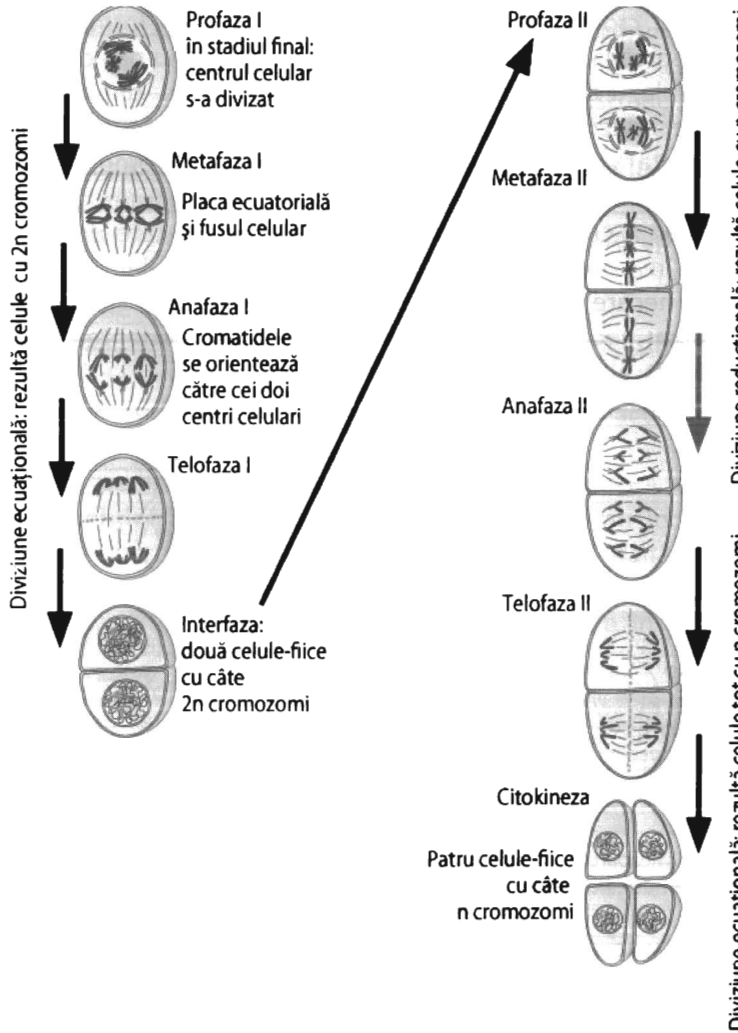


Fig. 1.5 – Meioza.

– **Prima etapă** este reducţională şi cuprinde:

I. Stadiul leptoten, în care cromozomii, deşi sunt replicaţi (numărul lor s-a dublat), apar sub forma unor filamente lungi şi subţiri.

II. Zigoten: cromozomii omologi se asociază strâns cu locii corespunzători adiacenţi realizând o conjugare numită sinapsă (a NU se confunda cu sinapsa dintre neuroni!).

III. Pahiten: cromozomii omologi formează bivalenţe, având câte două cromatide pentru fiecare cromozom omolog. Se formează chiasma (suprapunerea cromatidelor în formă de X).

IV. Diploten: cromozomii se îndepărtează unul de altul, fiecare fiind format din două cromatide separate.

V. Diachineză: chiasmele migrează către extremităţile cromozomilor. Rezultă două celule-fiice cu un număr haploid (=N) de cromozomi.

~ La femeie, din cele două celule (ovule) rezultate, una degenerează şi este eliminată sub formă de primul corpuscul (globul) polar.

– **A doua etapă a meiozei** este ecuaţională, semănând cu mitoza, dar cu excluderea interfazei. Celulele-fiice rămân cu un număr haploid (N) de cromozomi.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA CELULARĂ *[Applications to the cell pathology]*

Citoliza *[Cytolysis]*. Înseamnă distrugerea sau disoluţia celulelor vii. Un exemplu este citoliza produsă de veninul inoculat prin muşcătura anumitor şerpi veninoşi.

Necroza celulară *[Necrosis of the cell]*. Este oprirea patologică şi ireversibilă a activităţii vitale a celulei. Are ca substrat două procese majore: digestia enzimatică a celulei şi denaturarea proteinelor celulare. Se însoţeşte de omogenizarea nucleului (picnoză), fragmentarea acestuia (cariorexis) şi topirea lui (carioliză).

Apoptoza *[Apoptosys]*. NU trebuie considerată un proces patologic propriu-zis, deoarece reprezintă moartea celulară izolată şi programată genetic. Ea este indusă de stimuli fiziologici şi trebuie deosebită de necroza celulară, unde intervin factori patologici.

Degenerescenţa grasă *[Fatty degeneration]*. Este încărcarea ireversibilă a citoplasmei cu grăsimi neutre (trigliceride), însoţită de alterări ale nucleului. Se întâlneşte în steatoza hepatică.

Apariţia de celule atipice, maligne *[Occurrence of malignant atypical cells]*. Reprezintă forma cea mai gravă de modificare patologică a celulei şi se constată în toate tipurile de cancer. Celulele canceroase – chiar dacă seamănă

parţial cu celulele de origine ale organului afectat - sunt nediferenţiate, prezintă modificări morfologice importante (ceea ce le face şi identificabile la microscop), sunt etichetate drept celule anaplazice (cu arhitectura alterată) şi îşi pierd din funcţiile normale.

1.3. ŢESUTURILE
[The tissues]

Un ţesut este un ansamblu de celule care au aceeaşi origine embrionară, au asemănare morfologică şi au funcţii comune. Organele sunt formate din mai multe tipuri de ţesut. Ţesuturile fundamentale din corp sunt: ţesutul epitelial, conjunctiv, muscular şi nervos.

1.3.1. ŢESUTUL EPITELIAL *[Epithelial tissue]*

Este alcătuit din celule cubice, poliedrice, cilindrice sau aplatizate, dispuse unistratificat, polistratificat sau în grupări compacte, fără a exista spaţii libere între ele. Are funcţia de înveliş al corpului (epidermul), de căptuşire a cavităţilor şi conductelor (mucoasele), constituie structura glandelor şi a parenchimelor secretorii din unele organe (ficat, pancreas) (fig. 1.6).

• **Glandele** sunt formate din ţesut epitelial. Principala clasificare a glandelor cuprinde:

- **glande exocrine** care îşi deversează secreţia în exterior (ex. glandele sudoripare) sau într-o cavitate a corpului (ex. glandele tubului digestiv, glandele mucoase ale bronhiilor) (fig. 1.7);
- **glande endocrine** care îşi descarcă secreţiile (= hormonii) în sânge.

O altă clasificare le împarte în:

- **glande merocrine**, la care secreţia nu cuprinde părţi din celulele secretoare;
- **glande apocrine**, la care în secreţie există şi părţi din celulele secretoare;
- **glande holocrine**, unde secreţia produsă conţine celule secretoare întregi care ulterior, prin dezintegrare, eliberează substanţele din interiorul lor.

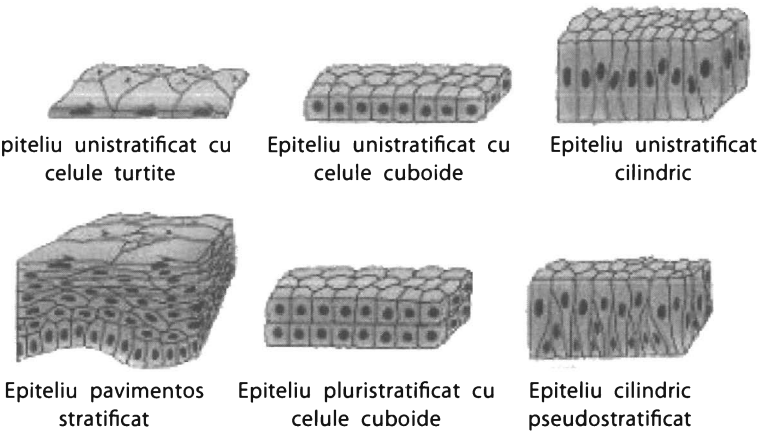


Fig. 1.6 – Tipuri de ţesut epitelial.

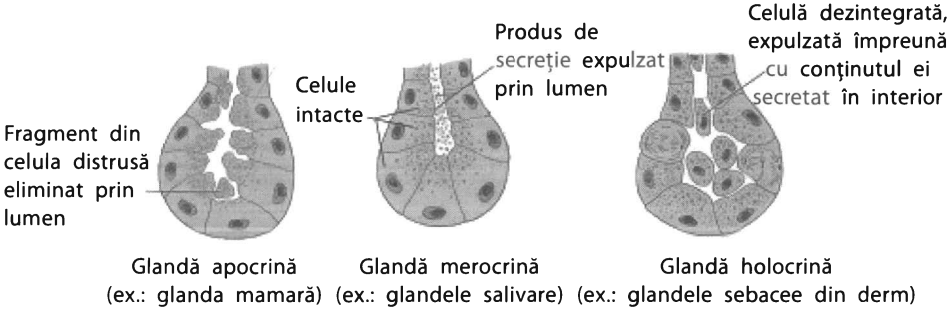


Fig. 1.7 – Cele trei tipuri de glande exocrine.

1.3.2. ŢESUTUL CONJUNCTIV *[Connective tissue]*

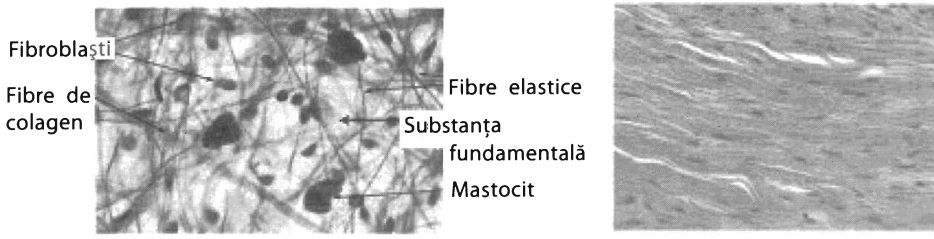
Se caracterizează prin existenţa unei substanţe fundamentale, având în compoziţia chimică molecule glucidice mari şi mucopolizaharide. În interiorul substanţei fundamentale se găsesc elemente celulare (fibrocite) şi diferite tipuri de fibre: de colagen, elastice, fibre de reticulină. Are, în general, rol de susţinere şi de umplere a unor spaţii (stroma organelor), rol trofic (= nutritiv, pentru ţesutul epitelial supraiacent), rol de protecţie. În funcţie de componente, se disting mai multe tipuri de ţesut conjunctiv:

– **Ţesutul conjunctiv lax** are elemente celulare fusiforme şi este relativ sărac în fibre. Constituie un ţesut de umplere a unor spaţii, are rol de protecţie mecanică şi rol trofic faţă de epiteliile învecinate, fiind bogat

în vase sanguine, limfatice şi în fibre nervoase. Se găseşte în hipoderm şi în submucoase.

– **Ţesutul conjunctiv elastic** este bogat în fibre elastice. Se găseşte în peretele arterial, în interstiţiul pulmonar şi în unele conducte anatomice.

– **Ţesutul conjunctiv fibros** este un ţesut dens, bogat în fibre de colagen. Fiind cel mai rezistent, el formează capsulele fibroase ale unor organe (pericardul fibros, capsula hepatică), teaca nervilor, capsulele articulare şi tendoanele. Cicatricele sunt alcătuite tot din ţesut conjunctiv fibros. Iar în procesul patologic de scleroză – suferit de unele organe odată cu îmbătrânirea – ţesutul funcţional al organului afectat este înlocuit cu ţesut conjunctiv fibros (fig. 1.8).



Ţesut conjunctiv lax

Ţesut conjunctiv fibros orientat: se observă fibrocitele, numeroase fibre de colagen direcţionate paralel şi lipsa aproape completă a substanţei fundamentale

Fig. 1.8 – Ţesutul conjunctiv lax şi ţesutul conjunctiv fibros văzute comparativ.

– **Ţesutul reticular** are un conţinut bogat în fibre de reticulină formate din colagen de tip III. Fibrele sunt sintetizate de către fibroblaştii speciali, denumiţi celule reticulare. Se întâlneşte în măduva osoasă hematopoietică.

– **Ţesutul adipos** se caracterizează prin umplerea celulelor cu grăsimi neutre (triglceride), nucleul fiind împins la periferie. Substanţa fundamentală este aproape inexistentă. Se găseşte în hipoderm (unde este denumit şi ţesut celulo-adipos subcutanat) şi în învelişul protector al unor organe (grăsimea perirenală). Are rol de protecţie împotriva frigului, alcătuind un strat izolator pe toată suprafaţa pielii şi de protecţie mecanică a organelor pe care le înconjoară.

– **Ţesutul cartilaginos** este o varietate de ţesut conjunctiv în care substanţa fundamentală conţine condroitin sulfat (derivat al acidului condroitin-sulfuric), este impregnată cu săruri de calciu şi sodiu şi cuprinde numeroase fibre de colagen şi elastice într-o reţea densă. Celulele cartilaginoase sunt sferice sau ovoide, se numesc condrocite şi stau adăpostite în nişte cavităţi, condroplaste (fig. 1.10). Există trei tipuri de ţesut cartilaginos → Tabelul 1.2.

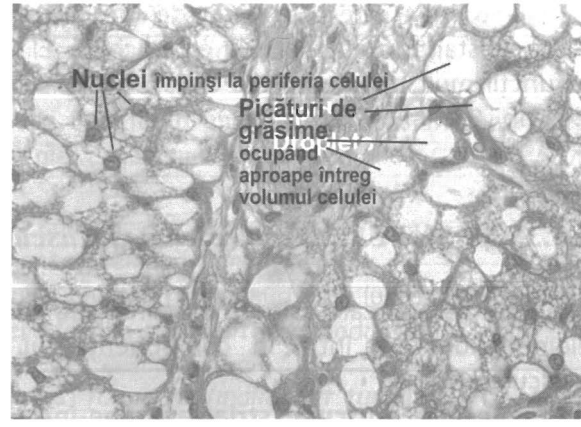


Fig. 1.9 – Ţesut adipos: se observă abundenţa de celule adipoase în care citoplasma este aproape complet înlocuită cu masa de grăsime.

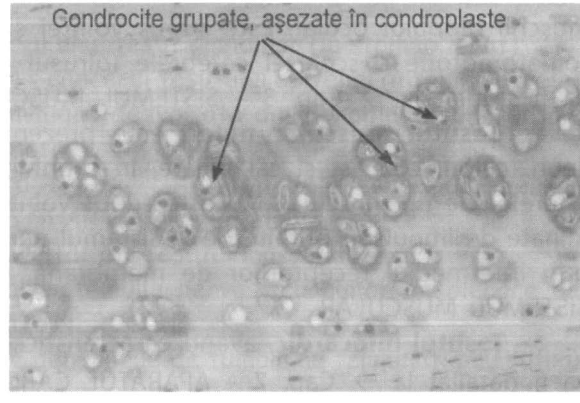


Fig. 1.10 – Cartilaj hialin: numeroase condrocite, substanţa fundamentală apare omogenă.

TABELUL 1.2

Tipurile de ţesut cartilaginos

Tipul de ţesut cartilaginos	Caracteristici	Localizări
Cartilaj hialin	Conţine fibre foarte fine în substanţa fundamentală	Cartilajele articulare, costale, cartilajele laringelui, cartilajele inelelor traheale şi ale bronhiilor mari
Cartilaj elastic	Este foarte bogat în fibre elastice	În epiglotă, în pavilioanele urechilor
Cartilaj fibros	Predomină fibrele de colagen care îi conferă o mare rezistenţă	Diacurile intervertebrale, meniscurile articulare

– **Ţesutul osos** este o varietate de ţesut conjunctiv în care substanţa fundamentală este foarte dură datorită impregnării cu fosfat tricalcic. Va fi descris în detaliu → Cap. 2 – SISTEMUL OSOS ŞI ARTICULAŢIILE.

– **Sângele** este considerat de unii autori drept un ţesut conjunctiv a cărui substanţă fundamentală este lichidă. El are însă compoziţie, elemente şi funcţii mult mai complexe decât oricare alt ţesut. Va fi studiat în detaliu → Cap. 8 – SÂNGELE.

1.3.3. ŢESUTUL MUSCULAR *[Muscular tissue]*

Este ţesutul care asigură mişcarea sub toate formele ei, prin contracţia elementelor care intră în componenţa lui. Există trei tipuri de ţesut muscular:

– **Ţesutul muscular striat** aparţine în majoritate aparatului locomotor şi este reprezentat prin toţi muşchii scheletului (muşchii somatici) şi prin muşchii globului ocular. Este supus voinţei şi comenzilor primite din aria somatomotorie a scoarţei cerebrale (girusul precentral din lobul frontal). Va fi studiat la → Cap. 3 – SISTEMUL MUSCULAR.

– **Ţesutul muscular neted** este prezent în esofag, stomac, jejuno-ileon, colon, colecist şi căi biliare, în bronhiile mici şi în tunica medie a arterelor de tip muscular. NU este supus voinţei, contracţiile lui fiind determinate de impulsuri primite de la sistemul nervos vegetativ care acţionează prin intermediul receptorilor de membrană. Va fi studiat la → Cap. 3 – SISTEMUL MUSCULAR.

– **Ţesutul miocardic**, având caracteristici, proprietăţi şi funcţii speciale va fi detaliat la → Cap. 7 – APARATUL CARDIOVASCULAR.

1.3.4. ŢESUTUL NERVOS *[Nervous tissue]*

Unitatea de bază morfologică şi funcţională a ţesutului nervos este celula specializată numită neuron. Va fi descris împreună cu alte celule din structura sistemului nervos (celulele gliale) → Cap. 4 – SISTEMUL NERVOS.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA TISULARĂ *[Applications to the tissue pathology]*

Colagenozele *[Collagen diseases]*. Formează un grup de boli care afectează în principal ţesutul conjunctiv, deci organe diferite (deoarece toate conţin ţesut conjunctiv). Există o serie de trăsături comune ale colagenozelor:

- histopatologic (deci la microscop) se observă leziuni de degenerescenţă care interesează ţesutul conjunctiv din acele organe (piele, muşchi, articulaţii, rinichi, splină, vase sanguine etc.);

- mecanismul de producere constă în apariţia de autoanticorpi care agresează structurile proprii ale organismului [→ Cap. 14 - SISTEMUL IMUNITAR];

- unele probe de laborator sunt modificate identic;

- toate răspund la tratamente asemănătoare.

Principalele colagenoze sunt: poliartrita reumatoidă, lupusul eritematos sistemic, dermatomiozita, sclerodermia şi panarterita nodoasă.

Cancerele (tumorile maligne) *[Cancers (malignant tumours)].* După ţesutul din care se dezvoltă, poartă denumiri care le indică apartenenţa. Câteva exemple:

- **adenocarcinom** = cancer al unui ţesut glandular (la stomac, ficat);

- **carcinom** (sau **epiteliom**) = cancerul ţesutului epitelial (întâlnit la piele);

- **fibrosarcom** = tumoră malignă dezvoltată din fibroblaşti (precursorii fibrocitelor) din ţesutul conjunctiv;

- **osteosarcom** = tumoră osoasă cu punct de plecare din periost [→ Cap. 2 - SISTEMUL OSOS Şi ARTICULAŢIILE];

- **miosarcom** = cancer dezvoltat din ţesutul muscular;

- **glioblastom** = cancer al sistemului nervos, cu punct de plecare din nevroglii [→ Cap. 4 - SISTEMUL NERVOS].

Notă: se observă că toate denumirile de tumori au terminaţia cu sufixul **-om.**

Cicatricele *[The scars].* Se formează din ţesut conjunctiv fibros, după vindecare, pe locul unei răni, al unei plăgi operatorii, al unui proces inflamator, al unei arsuri etc. Câteodată au dimensiuni foarte mari şi creează dificultăţi funcţionale (ex.: pot limita unele mişcări). În aceste cazuri necesită ele însele operaţii corectoare.

Pierderea (distrugerea) ţesutului elastic *[Loss (destruction) of the elastic tissue]*

La unele organe are consecinţe funcţionale grave. Spre exemplu, în emfizemul pulmonar, pe lângă alte distrugeri suferite de plămâni, se constată dispariţia ţesutului elastic şi înlocuirea lui cu ţesut conjunctiv fibros. Acest fapt afectează dinamica respiraţiei: expiraţia - lipsită de aportul ţesutului elastic [→ Cap. 6.3 - PLĂMÂNII] se efectuează cu mare dificultate, cu eforturi din partea diafragmului şi a musculaturii toracelui, ceea ce duce treptat la suprasolicitarea inimii şi la insuficienţă cardiacă.

2. SISTEMUL OSOS ŞI ARTICULAŢIILE
[THE SKELETAL SYSTEM AND THE JOINTS]

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Apofiză* = proeminenţă osoasă. I se mai spune şi „proces" (ex.: apofiza zigomatică = procesul zigomatic).
- *Artrologie* = partea din anatomie care studiază articulaţiile.
- *Atlas* = titan din mitologie, extrem de puternic, condamnat să ţină pe umeri bolta cerească deoarece s-a răzvrătit împotriva lui Zeus. De aici numele primei vertebre cervicale care susţine greutatea craniului.
- *Bazin = pelvis* = spaţiul din regiunea inferioară a trunchiului, delimitat de cele două oase coxale şi de sacrum (plus coccis) şi care adăposteşte vezica urinară, uterul şi anexele sale, rectul şi fundul de sac peritoneal.
- *Calus osos* = conglomerat de ţesut conjunctiv fibros care apare la sediul unei fracturi şi care – prin osificare ulterioară – asigură repararea şi sudarea fragmentelor osoase.
- *Foramen* = orificiu, gaură.
- *Incizură* = crestătură (la marginea unui os).
- *Metafiză* = porţiunea îngustă de os lung, situată între diafiză şi epifiză, unde se află şi cartilajul de creştere (cartilajul de conjugare).
- *Mielogramă* = reprezentarea grafică sau procentuală a celulelor aflate într-un fragment de măduvă hematopoietică, recoltat prin puncţie medulară şi examinat la microscop, după colorare.
- *Pericondru* = membrana conjunctivă care înveleşte un cartilaj.
- *Pithecantropus erectus* = strămoşul preistoric al omului, se pare primul exemplar care a adoptat staţiunea bipedă şi ale cărui fosile (vechi de peste 1,5 milioane de ani) au fost descoperite în insula Java (1891).
- *Puncţie lombară* = procedeu medico-chirurgical invaziv care constă în introducerea unui ac între vertebrele lombare L_4 şi L_5 până în canalul rahidian, în scopul recoltării de lichid cefalo-rahidian [→ Cap. 4 – SISTEMUL NERVOS] sau (mai rar) al introducerii unor medicamente (în această zonă sunt doar câteva permise!)

- *Puncţie medulară* = procedeu invaziv prin care se pătrunde cu un ac gros (trocar) în spaţiul medular al unui os lat, pentru recoltarea unui fragment de măduvă hematopoietică, necesar efectuării mielogramei.
- *Sinusurile feţei (sinusurile paranazale)* = cavităţi aeriene aflate în oasele frontal, maxilar, etmoid şi sfenoid, căptuşite cu o mucoasă şi comunicând cu meaturile nazale [→ 2.3.1 – OASELE CRANIULUI].
- *Sinuzită* = inflamaţia mucoasei care căptuşeşte sinusurile feţei.
- *STH = somatotrop hormone* = hormon secretat de hipofiza anterioară sub acţiunea unor factori eliberaţi de hipotalamus. Are ca efect creşterea în lungime a oaselor prin stimularea cartilajelor de creştere.

Sistemul osos este cel care imprimă forma generală a corpului, îi conferă trăinicia şi rezistenţa (în anumite limite) la acţiunile mecanice din exterior şi asigură protecţia multor formaţiuni şi organe pe care le adăposteşte. Totodată el reprezintă componenta pasivă a aparatului locomotor, asupra căreia musculatura somatică îşi exercită în mod activ, ca un sistem de pârghii, funcţia de efectuare a mişcărilor.

2.1. ŢESUTUL OSOS
[The osseous tissue]

Este o varietate de ţesut conjunctiv având o duritate şi o rezistenţă deosebită, datorită impregnării substanţei fundamentale cu fosfat tricalcic (plus alte săruri de calciu) şi orientării fibrelor conjunctive în raport cu forţele mecanice care acţionează asupra sa. În structura ţesutului osos – la fel ca în structura oricărui tip de ţesut conjunctiv – se descriu celule, substanţa fundamentală şi fibre presărate în această substanţă.

Există două tipuri de ţesut osos: ţesutul osos compact şi ţesutul osos spongios (ambele tipuri vor fi descrise mai jos).

- **Celulele osoase** sunt:

– **osteoblaste,** celule tinere care secretă oseina;

– **osteocite,** celule mature, apărute prin dezvoltarea osteoblastelor, care au formă ovalară cu numeroase prelungiri şi care NU mai secretă oseină. Ele se găsesc cuibărite în cavităţi care au aproximativ aceeaşi formă, osteoplastele. Aceste cavităţi comunică între ele prin numeroase canalicule osoase care se anastomozează, alcătuind o adevărată reţea, dar fără ca osteocitele să realizeze anastomoze între prelungirile lor;

– **osteoclastele** sunt celule mari, multinucleate, înzestrate cu numeroase enzime, având funcția de distrugere și remaniere a țesutului osos (osteoliză fiziologică).

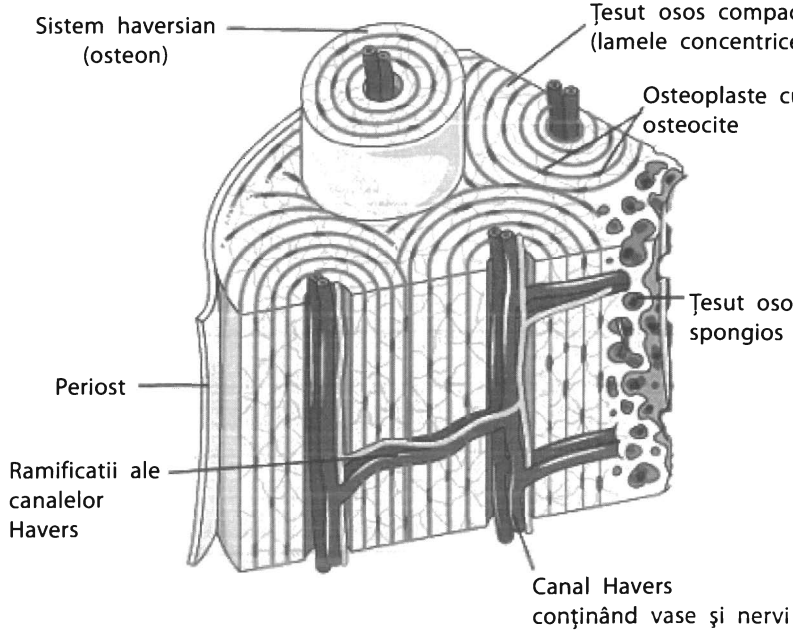


Fig. 2.1 – Structura țesutului osos compact.

• **Substanța fundamentală a osului** este formată din material organic și material mineral. Materialul organic (cca 1/3 din substanța fundamentală) este ***oseina***, secretată de osteoblaste. Ea formează matricea pe care se depun substanțele anorganice. Materialul mineral (celelalte 2/3 din substanță) este reprezentat în special prin fosfatul tricalcic. În structura osului, oseina este amestecată cu sărurile de calciu și dispusă sub formă de lamele. După așezarea acestor lamele se deosebesc țesutul osos compact (mai dur și mai rezistent) și țesutul osos spongios (trabecular și care, prin micile spații pe care le cuprinde, evocă structura unui burete). După caracterele morfologice, există trei categorii principale de oase care alcătuiesc scheletul și în care cele două tipuri de țesut osos sunt dispuse în mod diferit: oasele lungi, oasele late și oasele scurte. Caracteristicile fiecărei categorii de os sunt următoarele:

– **Oasele lungi** cuprind pe cele ale membrelor (exceptând oasele carpiene și tarsiene), coastele și claviculele. Ele au segmentul cel mai lung la

mijloc, ***diafiza,*** formată din țesut osos compact, cu lamelele osoase așezate concentric în jurul unor canale subțiri – canalele Havers – care conțin capilare sanguine, filete nervoase și țesut conjunctiv lax. Canalele Havers străbat diafiza pe toată lungimea ei și au legături între ele prin canale oblice și transversale. Unitatea morfofuncțională a osului este sistemul haversian (osteonul) alcătuit dintr-un canal Havers cu lamelele osoase care îl circumscriu și între care există osteoplaste cu osteocite. Diafiza înconjoară ca un manșon lung măduva inițial hematopoietică (măduvă roșie), dar care la adult suferă o involuție grăsoasă, devenind măduvă galbenă. Diafiza este acoperită pe toată circumferința ei de periost (membrană conjunctivă care asigură creșterea osului în grosime). La ambele extremități ale unui os lung se află câte o ***epifiză*** care are în interior țesut osos spongios. În acest tip de țesut, lamelele osoase – denumite trabecule – sunt orientate astfel încât se întretaie formând mici cavități (= areolele) în care există măduvă hematopoietică (roșie). Epifizele sunt de obicei acoperite de un cartilaj articular. Între diafiză și fiecare dintre epifize se află ***metafiza,*** zonă de trecere care cuprinde cartilajul de creștere (= cartilajul de conjugare, existând până la vârsta de 20 de ani, după care creșterea în lungime a oaselor – și totodată creșterea corpului în înălțime – încetează).

– **Oasele late** sunt cele ale calotei craniene și ale feței, sternul, scapula și osul coxal. Un os lat este alcătuit dintr-o tablă externă și una internă, ambele formate din țesut osos compact. La mijloc, între ele, se găsește țesut osos spongios având areolele umplute cu măduvă roșie hematopoietică.

– **Oasele scurte** sunt reprezentate prin corpii vertebrali, oasele carpiene și oasele tarsiene. Ele au la periferie o „coajă" de țesut osos compact, fiind umplute în interior cu țesut osos spongios, în ale cărui areole se află măduvă roșie hematopoietică.

Învelișul exterior al tuturor oaselor este ***periostul,*** o membrană conjunctivă care asigură și creșterea în grosime a osului.

2.2. PROCESUL DE OSTEOGENEZĂ *[Osteogenesis]*

Osteogeneza este succesiunea de transformări prin care țesutul osos ia naștere din schițele de țesut conjunctiv fibros și de țesut cartilaginos care prefigurează scheletul la embrion și la făt. Acest proces se desfășoară sub influența mai multor factori: hipotalamusul prin neurohormonii pe care îi secretă; hipofiza anterioară prin hormonul somatotrop (STH); glanda tiroidă prin calcitonină; glandele paratiroide prin parathormon; hormonii se-

xuali; aportul de proteine, de anumite vitamine (vitamina D) şi de unele substanţe minerale (calciu, fosfor); gradul de solicitare a osului etc. Succesiunea transformărilor este:

– în prima fază: constituirea osului primar, prin înlocuirea tiparului conjunctiv sau cartilaginos cu ţesut osos;

– în a doua fază: formarea osului secundar, prin fenomene de distrugere a unor porţiuni din osul primar, cu remanierea şi remodelarea sa, astfel încât să capete aspectul definitiv, funcţional, care îi este caracteristic. Aceste fenomene sunt însoţite de creşterea în lungime şi în grosime a osului.

a) Când are loc pe o schiţă conjunctivă, *osificarea* se numeşte *endoconjunctivă* sau *osificare de membrană*. Acest model se întâlneşte la oasele bolţii craniene, la unele oase ale feţei, la corpul claviculei, la creşterea în grosime a oaselor lungi datorită periostului şi la formarea calusului osos în caz de fracturi. Ea decurge în următorii timpi:

I. Faza proteică: se formează centri de osificare în membrana conjunctivă, pe seama unor celule conjunctive care se transformă în osteoblaste. Acestea secretă oseina (substanţa organică a osului).

II. Faza minerală: Substanţa fundamentală a osului se impregnează cu fosfat tricalcic şi cu alte săruri de calciu, iar osteoblastele se maturează în osteocite, pierzându-şi capacitatea de a secreta oseină. La periferie, osul este acoperit de periost, membrana conjunctivă bogat vascularizată care îi va asigura creşterea în grosime prin continuarea osificării de membrană în această zonă. S-a născut astfel osul primar, încă nediferenţiat.

III. Faza de remaniere este cea în care osul primar este modelat corespunzător funcţiilor (mecanice) pe care le va îndeplini.

b) Când are loc pe o schiţă cartilaginoasă, *osificarea* se numeşte *endocondrală* sau *osificare de cartilaj*. Acest model este prezent la oasele de la baza craniului, la vertebre, la membrele superioare şi inferioare. Sunt parcurse următoarele faze:

I. Faza de distrugere a cartilajului în care celulele cartilaginoase se autodistrug, distrugând şi substanţa fundamentală din jur. Se formează numeroase cavităţi în care se vor insinua muguri de ţesut conjunctiv bogat în vase sanguine din pericondru (care ulterior va deveni periost).

II. Faza de osificare: celulele conjunctive care au invadat cartilajul se transformă în osteoblaste care secretă oseina. Aceasta se impregnează cu săruri de calciu şi astfel rezultă substanţa fundamentală a ţesutului osos. Procesul începe din profunzime către suprafaţă.

III. Faza de remaniere se desfăşoară pe baza a două procese antagoniste: pe de o parte distrugerea unor porţiuni de ţesut osos (osteoliză), iar pe de altă parte, înlocuirea lui prin zone de osteogeneză – în raport cu nevoile funcţionale – din care rezultă forma şi structura definitivă a osului.

Creşterea oaselor se desfăşoară în două sensuri, până la vârsta aproximativă de 20 de ani.

– În **lungime**, oasele (cele lungi) cresc datorită cartilajelor de creştere din zona metafizelor. Noul ţesut osos se formează înspre diafiză. Acest proces

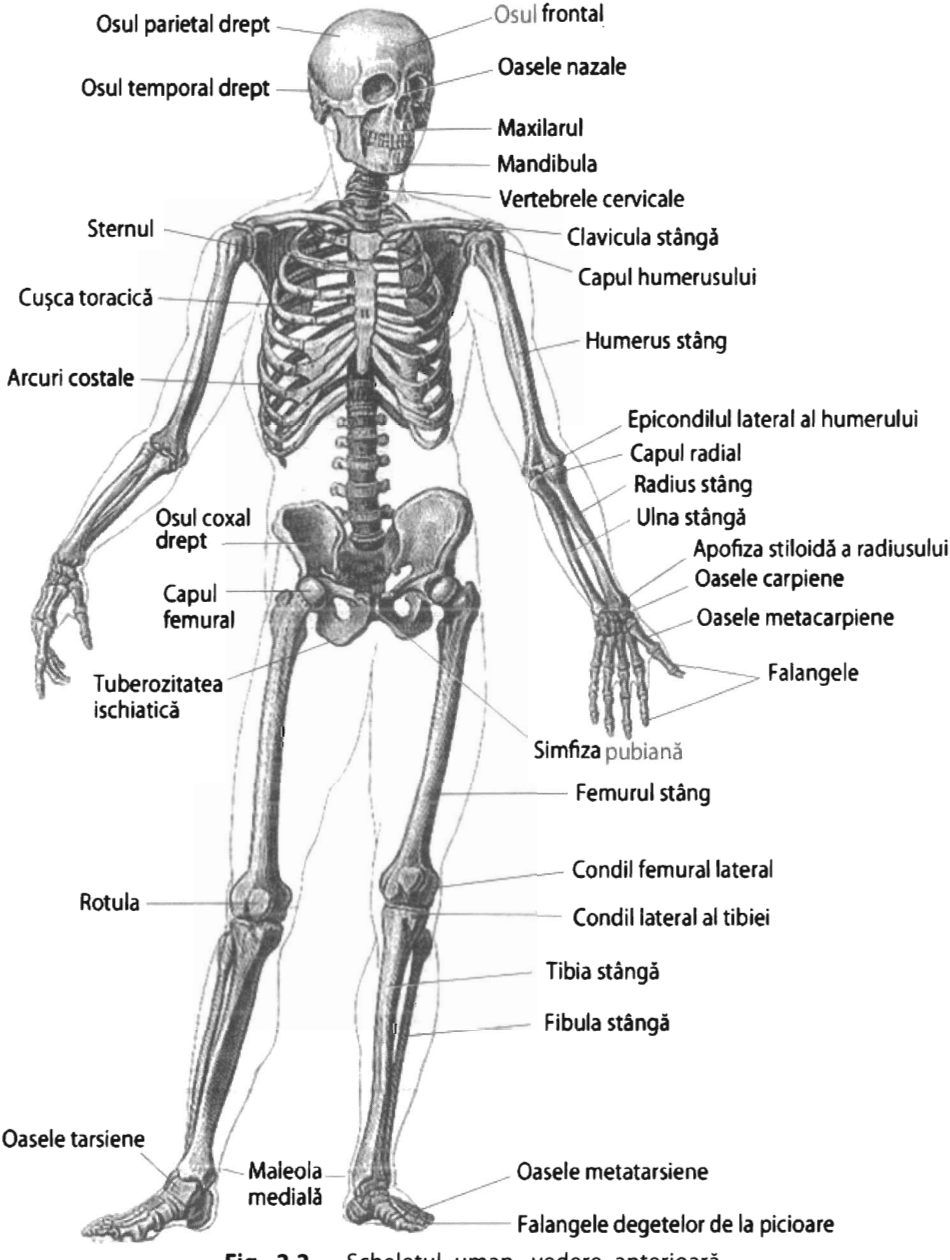


Fig. 2.2 – Scheletul uman, vedere anterioară.

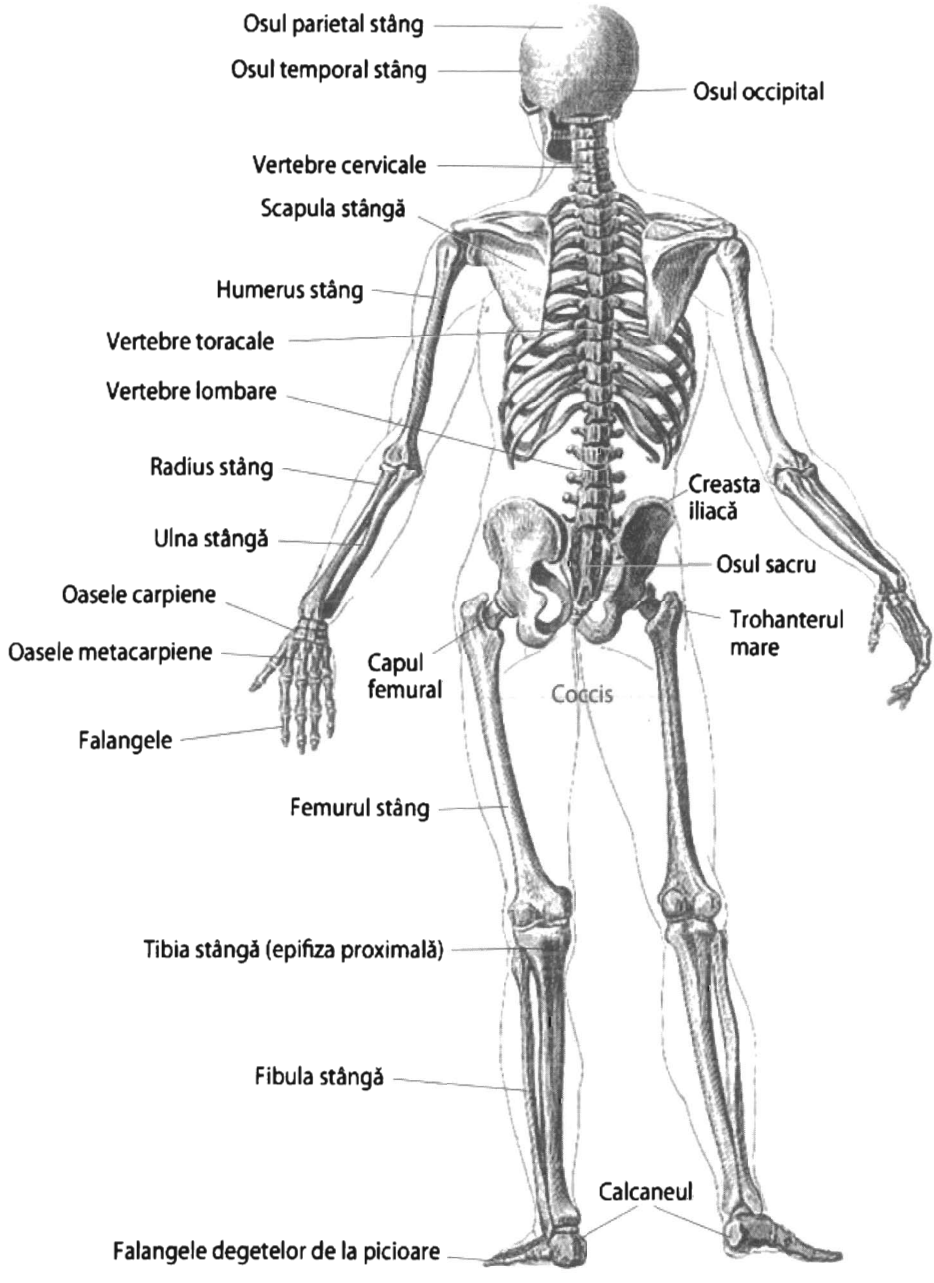


Fig. 2.3 – Scheletul uman, vedere posterioară.

este reglementat de hipotalamus care secretă doi neurohormoni: factorul (hormonul) de eliberare a hormonului somatotrop hipofizar (STH) şi factorul (hormonul) de inhibare a secreţiei de STH. Hipotalamusul acţionează deci prin intermediul hipofizei anterioare, de unde se secretă STH care stimulează creşterea în lungime a oaselor (aceasta având ca rezultat creşterea în înălţime a corpului), mai exact stimulează cartilajele de creştere ale oaselor lungi.

– În **grosime**, oasele cresc datorită periostului care le îmbracă pe toate (indiferent de mărime). În zona lui internă, periostul formează osteoblaste care, secretând oseină, îngroaşă astfel osul dinăuntru în afară.

2.3. SCHELETUL *[Skeleton]*

Este cel care conferă forma corpului. Cuprinde oasele craniului (bolta craniană, endobaza şi exobaza craniului şi oasele feţei), oasele trunchiului (coloana vertebrală şi oasele cutiei toracice) şi oasele membrelor (centura scapulară şi oasele membrului superior, centura pelvină şi oasele membrului inferior). În total, la adult sunt cca 200 de oase (am exclus oscioarele din urechea medie, dar am adăugat osul hioid), din care 21 la craniu, 51 la trunchi, 64 la ambele membre superioare, 62 la ambele membre inferioare plus osul hioid de la gât.

2.3.1. OASELE CRANIULUI *[The skull bones]*

În total la craniu – inclusiv scheletul feţei – sunt 21 de oase (am exclus oscioarele din urechea medie) grupate astfel:

• **Bolta craniană** (după cum indică şi numele) este cea care acoperă cutia craniană în partea sa superioară. Sub ea se află meningele şi emisferele cerebrale. Este formată din următoarele 6 oase late (două impare şi două perechi) [→ Fig. 2.4]:

– **Osul frontal**, os impar, situat în regiunea anterioară a bolţii, cuprinde o porţiune verticală care formează scheletul frunţii şi o porţiune orizontală care formează partea anterioară a bazei craniului şi plafonul orbitelor. Menţionăm dintre detaliile sale morfologice *glabela* (o proeminenţă mediană aflată deasupra rădăcinii nasului) şi arcadele sprâncenoase care formează marginile superioare ale orbitelor. La extremităţile mediale ale arcadelor sprâncenoase, în profunzimea osului se află grupate – de o parte şi de alta a liniei mediane nişte mici cavităţi căptuşite cu o mucoasă – sinusurile

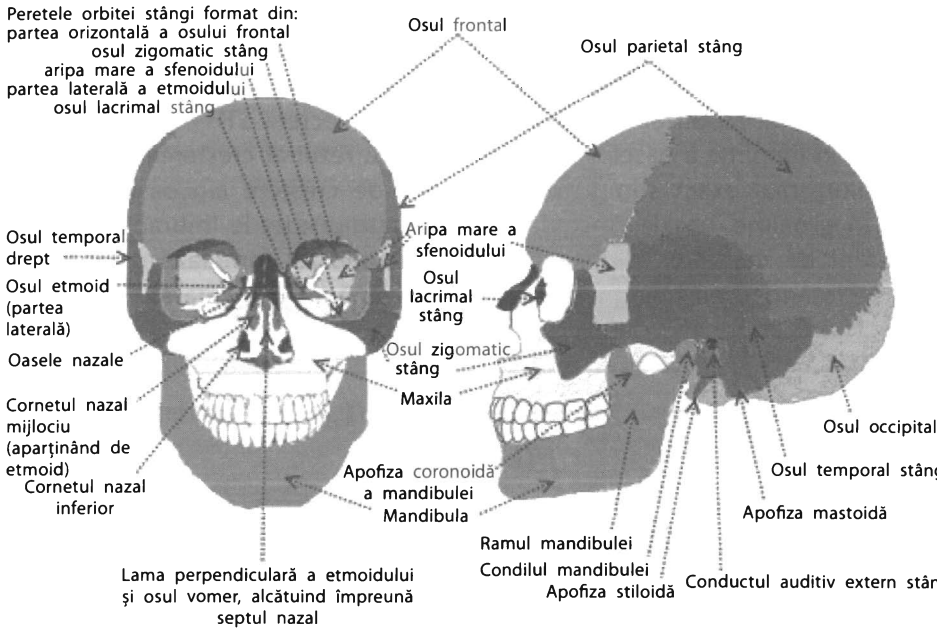


Fig. 2.4 – Oasele craniului: vedere anterioară şi laterală din stânga.

frontale (drept şi stâng) care comunică cu meatul nazal mijlociu. Frontalul se articulează prin suturi în partea dorsală cu ambele oase parietale, formând sutura coronară şi cu extremităţile aripilor osului sfenoid, iar în partea ventrală cu oasele nazale şi cu maxila.

– **Osul occipital**, os impar situat în regiunea posterioară a bolţii craniene, prezintă ca detalii morfologice protuberanţa occipitală externă (punct de inserţie pentru musculatura cefei) şi doi condili occipitali prin care se articulează cu prima vertebră cervicală (vertebra atlas). Occipitalul se articulează anterior, prin sutură, cu oasele parietale (fig. 2.4).

– **Oasele parietale** (pereche) formează pereţii supero-laterali ai craniului. Ele se articulează prin sutură între ele pe linia mediană (= sutura mediosagitală), se articulează anterior cu osul frontal (prin sutura coronară), posterior cu osul occipital (prin sutura parieto-occipitală) şi lateral cu scuama temporalului (prin suturile temporo-parietale).

– **Osul temporal** este un os par, situat în părţile laterale ale bolţii craniene având o structură mai complexă: el este format din scuama (solzul) temporalului care intră în componenţa propriu-zisă a bolţii şi stânca temporalului care adăposteşte urechea medie şi urechea internă (labirintul osos care conţine labirintul membranos). La osul temporal mai trebuie semnalate: apofiza mastoidă, adăpostind celulele mastoidiene (sediul unei eventuale

mastoidite – infecție propagată de la urechea medie) cu punct de inserție pentru mușchiul sternocleidomastoidian; apofiza stiloidă (în formă de stilet), – loc de inserție pentru mușchiul stilohioidian; apofiza zigomatică ce se articulează cu osul zigomatic și împreună formează arcada zigomatică (situată în fața urechii); foseta mandibulară prin care condilul mandibulei se articulează cu osul temporal (= articulația temporo-mandibulară cu rol în masticație). Osul temporal se articulează prin suturi cu osul parietal, cu osul occipital, cu extremitatea aripilor sfenoidului, cu osul zigomatic și – printr-o articulație mobilă – cu mandibula.

• **Endobaza craniului** (fig. 2.5) se dezvăluie în momentul îndepărtării calotei și conținutului cutiei craniene. Pe ea se sprijină emisferele cerebrale, cerebelul și alte structuri ale nevraxului intracranian. Oasele din care este alcătuită endobaza craniului sunt (enumerate în sens antero-posterior):

~ porțiunea orizontală a **osului frontal**, menționată mai sus;

~ **osul etmoid**, prin lama ciuruită. Este un os impar cu mai multe porțiuni:

– una orizontală: lama ciuruită care formează o parte din plafonul foselor nazale. Prin orificiile lamei ciuruite trec filetele nervului olfactiv (perechea I de nervi cranieni);

– din porțiunea orizontală se desprind în plan mediosagital „creasta cocoșului" (crista galii, deasupra lamei ciuruite) și lama perpendiculară (mai

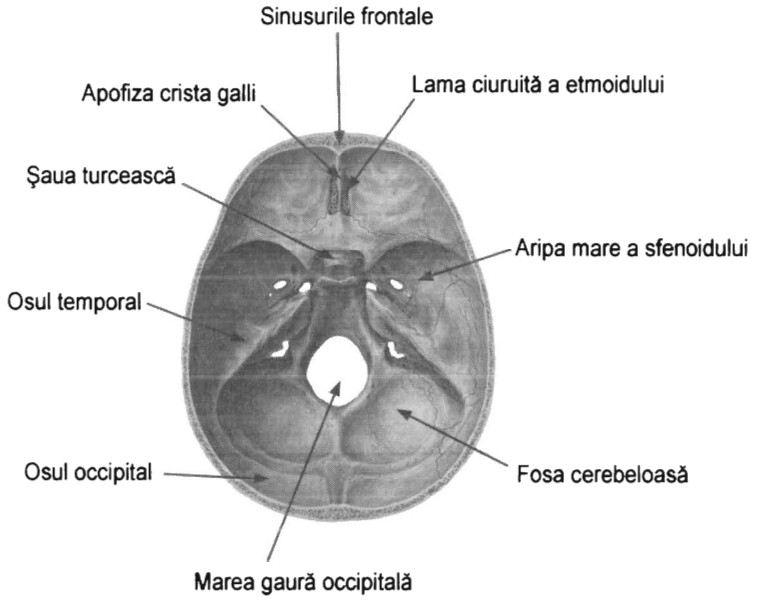


Fig. 2.5 – Endobaza craniului.

lungă și situată dedesubtul ei); această lamă perpendiculară participă la formarea septului nazal osos (împreună cu osul vomer);

– la extremitățile lamei ciuruite se află câte o masă laterală care coboară, formând pereții laterali ai foselor nazale. Pe fiecare din aceste mase există două excrescențe orientate medial: sunt cornetul nazal superior și cornetul nazal mijlociu. În interiorul maselor laterale se găsesc niște spații – celulele etmoidale, alcătuind sinusurile etmoidale. Fiecare sinus etmoidal se deschide în meatul nazal mijlociu de aceeași parte, comunicând astfel cu fosele nazale. Inflamația celulelor etmoidale este etmoidita, care se produce de obicei prin propagarea unei infecții de la mucoasa nazală.

Etmoidul contribuie și la peretele medial al orbitei. El se articulează cu osul frontal, cu sfenoidul, cu cele două oase nazale, cu maxila, cu cele două oasele lacrimale, cu cele două oase palatine, cu cele două cornete nazale inferioare și cu vomerul (cu acesta prin lama perpendiculară, contribuind astfel la septul nazal osos).

~ **Osul sfenoid** contribuie la endobaza craniului prin corpul său, prin aripa mare și aripa mică. Acest os este impar și are o formă complexă care evocă un fluture cu aripile desfăcute, incluzând:

– corpul sfenoidului, situat pe linia mediană și având pe fața superioară o depresiune, șaua turcească (net vizibilă pe radiografia de profil a craniului) în care este adăpostită glanda hipofiză. În interiorul corpului sfenoidului există sinusurile sfenoidale care comunică cu fosele nazale, deschizându-se în meatul nazal superior;

– două aripi mari (dreaptă și stângă) și două aripi mici (dreaptă și stângă); toate patru situate lateral și intrând în componența endobazei craniului;

– două apofize pterigoide (dreaptă și stângă), amintind forma unor cârlige, situate inferior.

Osul sfenoid, ocupând o poziție centrală, se articulează prin suturi cu numeroase alte oase: cu osul frontal (porțiunea orizontală), cu etmoidul, oasele temporale, oasele parietale, osul occipital, oasele zigomatice, cu maxila și cu oasele palatine. Sfenoidul contribuie la peretele lateral al orbitei. Prin toate aceste suturi, osul sfenoid face astfel legătura între scheletul cranian și cel al feței;

~ în părțile laterale, endobaza craniului este formată din stânca temporalului, plus o parte din scuama temporalului (fața internă a acesteia, evident);

~ în partea dorsală, endobaza este formată din fața internă a osului occipital.

Pereții fiecărei orbite sunt formați din porțiuni ale următoarelor oase: plafonul de osul frontal; planșeul de maxilă, osul palatin și osul zigomatic; peretele medial de osul frontal, osul lacrimal și osul etmoid; cel lateral de osul zigomatic și de sfenoid (o porțiune din aripa mare a acestuia).

• **Scheletul feţei (masivul facial)** cuprinde în total 13 oase, dintre care unul singur este legat prin articulaţie mobilă.

– **Maxilarul (maxila)** este alcătuit de fapt dintr-o pereche de oase sudate pe linia mediană care ocupă poziţia principală în scheletul feţei, atât prin dimensiunile sale, cât şi prin numeroasele suturi cu alte oase. Are o faţă superioară care formează planşeul orbitei, una inferioară care contribuie la bolta palatină (prin apofiza palatină) şi la planşeul vestibulului nazal, una medială, care contribuie la peretele extern al fosei nazale, una anterioară care „priveşte" în faţă. Dintre formaţiunile care îi aparţin, menţionăm arcada dentară superioară. În corpul osului se află cele două sinusuri maxilare (drept şi stâng, sedii posibile pentru localizarea sinuzitelor) cu deschidere în meatul nazal mijlociu. Maxilarul se articulează prin suturi cu osul frontal, osul etmoid, apofiza pterigoidă a sfenoidului, osul lacrimal, oasele nazale, osul zigomatic, osul palatin, cornetul nazal inferior şi cu vomerul.

– **Osul lacrimal** este un os par, foarte mic, ce contribuie la peretele medial al orbitei şi formează şanţul lacrimal.

– **Osul nazal**: os par ce formează – împreună cu perechea lui – piramida nazală (partea superioară, osoasă).

– **Osul zigomatic**, os par, se articulează cu apofiza zigomatică a osului temporal, formând arcada zigomatică (vizibilă la persoanele slabe). Pe arcada zigomatică se inseră muşchiul maseter (este un important muşchi masticator). Acest os contribuie şi la peretele lateral al orbitei.

– **Osul palatin**, os par, are o lamă verticală ce contribuie la peretele lateral al fosei nazale şi o lamă orizontală, ce contribuie la palatul dur.

– **Vomerul**, os impar, contribuie la formarea septului nazal osos, articulându-se cu lama perpendiculară a etmoidului.

– **Cornetul nazal inferior** este os par, sudat de osul maxilar pe peretele lateral al fiecărei fose nazale.

Fiecare fosă nazală are pereţii formaţi din porţiuni ale următoarelor oase: plafonul din lama orizontală ciuruită a osului etmoid şi o parte din corpul sfenoidului; planşeul din apofiza palatină a osului maxilar şi osul palatin; peretele lateral din maxilă, lama perpendiculară a osului palatin, apofiza pterigoidă a sfenoidului, masele laterale ale osului etmoid şi cornetul inferior; peretele medial (care de fapt este septul nazal) este alcătuit din lama perpendiculară a etmoidului şi osul vomer.

– **Mandibula,** os impar, este singurul os al feţei legat de celelalte printr-o articulaţie mobilă, articulaţia temporo-mandibulară. Mandibula este alcătuită din corp – în formă de potcoavă – şi două ramuri laterale care formează un unghi de 90° cu corpul. La partea superioară, fiecare ram al mandibulei are anterior apofiza coronoidă (pe care se inseră muşchiul temporal, cu funcţie masticatorie) şi posterior condilul mandibulei care se articu-

leză cu foseta mandibulară a osului temporal (articulaţie mobilă). Mandibula are în componenţa ei arcada dentară inferioară şi este acţionată de muşchii masticatori. Dintre aceştia, muşchiul maseter (drept şi stâng) se inseră pe unghiul şi pe ramul mandibulei.

– **Osul hioid** (***Atenţie,*** NU aparţine de scheletul feţei!) este un os subţire, în formă de potcoavă cu concavitatea îndreptată posterior, situat median la gât, între mandibulă şi laringe. NU se articulează cu alte oase. Pe el se inseră muşchii sternohioidian şi stilohioidian.

2.3.2. SCHELETUL TRUNCHIULUI *[The trunk skeleton]*

Este alcătuit din coloana vertebrală şi oasele cutiei (cuştii) toracice (care este formată din 12 perechi de coaste plus sternul). În total, la trunchi, sunt 51 de oase.

• **Coloana vertebrală** ***[Spine; backbone; the spinal column)]*** (fig. 2.6) cuprinde în descrierea clasică 33-34 de vertebre, dar deoarece există zone unde acestea sunt fuzionate, rămân – practic – 26 de unităţi osoase. Unei vertebre-tip (spre exemplu din coloana toracolombară) i se descriu (fig. 2.7):

– corpul vertebral masiv, cu structură de os scurt;

– arcul vertebral, situat dorsal. Acesta este dotat cu doi pediculi vertebrali care îl leagă de corpul vertebrei, cu o apofiză spinoasă, orientată

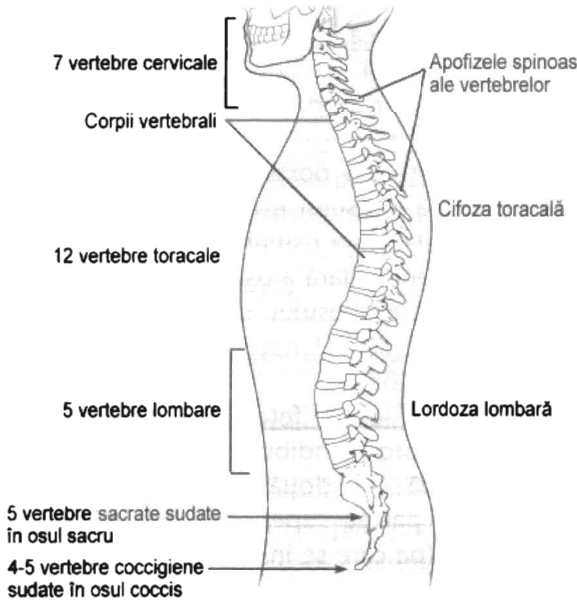


Fig. 2.6 – Coloana vertebrală: vedere laterală.

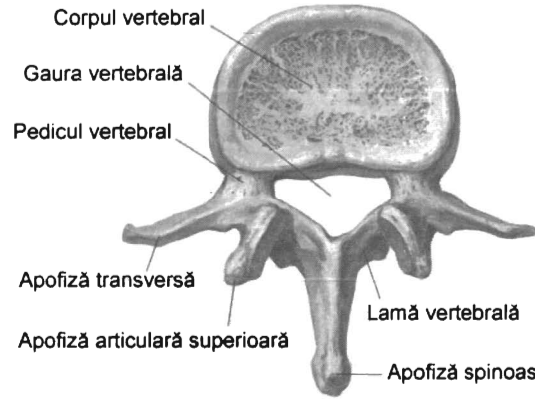


Fig. 2.7 – Vertebră-tip: faţa superioară.

median în sens dorsal şi perpendiculară pe arc; cu două apofize transverse, orientate dorso-lateral faţă de arcul vertebral; cu două apofize articulare superioare, prin care se articulează cu vertebra de deasupra; cu două apofize articulare inferioare pentru vertebra de dedesubt;

– gaura vertebrală (orificiul vertebral), cuprins între corpul vertebral şi arcul vertebral, realizează – prin suprapunerea tuturor acestor găuri de-a lungul întregii coloane vertebrale – canalul rahidian, unde este adăpostită măduva spinării (a NU se confunda cu măduva osoasă!) învelită în foiţele seroasei meningeale;

– la ambii pediculi ai unei vertebre există – atât în partea cranială, cât şi în cea caudală – câte o incizură. Prin suprapunerea incizurilor de la două vertebre succesive, rezultă un orificiu, gaura intervertebrală (foramen intervertebral, unul în dreapta şi unul în stânga) pe unde ies nervii spinali [→ Cap. 4 – SISTEMUL NERVOS].

– **Vertebrele cervicale**, în număr de 7, prezintă unele particularităţi. Astfel vertebra I cervicală, *atlas,* este format numai din două mase laterale legate prin două arcuri (anterior şi posterior). Este dotată în partea superioară cu două feţe articulare concave pentru articulaţia cu condilii osului occipital. Ea suportă direct greutatea craniului. Vertebra a II-a cervicală, *axis,* are în partea cranială o apofiză înaltă, apofiza odontoidă, destinată pentru orificiul larg din mijocul vertebrei atlas, care poate astfel pivota în jurul ei. Ambele vertebre concură la mişcările capului pe coloana vertebrală (flexie-extensie, rotaţii, înclinări laterale etc.) (fig. 2.8).

– **Vertebrele toracale**, în număr de 12, sunt caracterizate prin apofize spinoase mai lungi şi mai înclinate în jos. Toate posedă pe părţile laterale câte două suprafeţe de articulare cu capetele coastelor. De-a lungul vertebrelor cervicale şi toracale se inseră muşchiul dorsalul lung (longissimus).

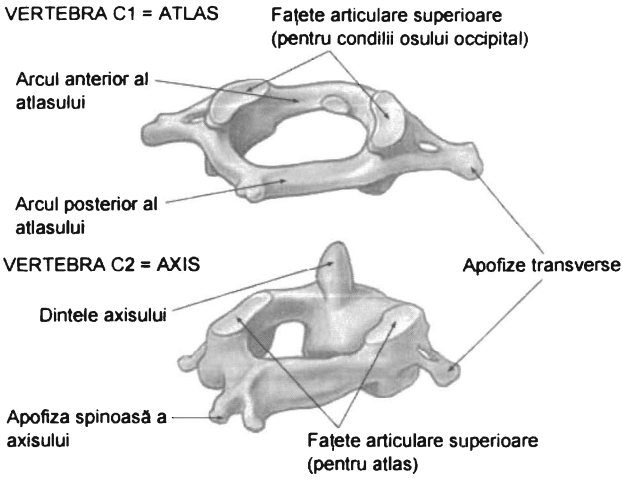


Fig. 2.8 – Primele două vertebre cervicale: atlas și axis.

– **Vertebrele lombare**, 5 la număr, au un corp vertebral mai masiv (să menționăm că ele suportă o greutate mai mare față de celelalte vertebre și că centrul de greutate al corpului se află la nivelul vertebrei L_4). Apofizele spinoase la acest nivel au o dispoziție aproape orizontală (fapt de care se ține seama pentru orientarea acului la efectuarea unei puncții lombare). Trebuie menționat că măduva spinării adăpostită în canalul rahidian se termină la nivelul L_2, dar canalul rahidian se continuă mai departe în jos. Pe primele vertebre lombare se inseră diafragmul.

– **Vertebrele sacrate**, 5, sunt fuzionate într-o singură unitate osoasă, *osul sacrum*. Acesta prezintă o față ventrală, ușor concavă, care contribuie la peretele posterior al micului bazin; o față dorsală, ușor convexă, unde se observă creasta sacrală situată median și vertical (rezultată din fuziunea apofizelor spinoase). Osul sacrum se articulează cranial cu vertebra L_5, caudal cu osul coccis și lateral de fiecare parte cu ileonul din componența osului coxal (= articulația sacro-iliacă).

– **Vertebrele coccigiene**, 3-4, sunt fuzionate într-o singură unitate osoasă, *coccisul*. Acesta poate fi considerat un rudiment rezultat prin pierderea cozii, în urma evoluției și diferențierii milenare a primatelor din care s-a desprins *Pithecantropus erectus,* strămoșul preistoric al speciei umane.

Coccisul este sudat în partea sa cranială cu osul sacrum.

Privită în ansamblu de față și de profil, coloana vertebrală NU este rectilinie. Ea prezintă o serie de curburi care îi măresc rezistența sau care s-au format în urma anumitor mișcări repetate de nenumărate ori în cursul vieții. Curburile cu convexitatea orientată ventral – în plan sagital – se numesc lordoze. Cele cu convexitatea dorsală sunt cifoze. Curburile în plan frontal se numesc scolioze. Astfel, enumerând în sens cranio-caudal există:

– în regiunea cervicală o curbură cu convexitatea orientată ventral, lordoza cervicală. Ea se formează din perioada de sugar mic, odată cu ridicarea capului;

– în regiunea toracală există cifoza toracală;

– în regiunea lombară, lordoza lombară;

– în regiunea sacrococcigiană o curbură cu convexitatea dorsală.

Prin folosirea predominantă a membrului superior drept faţă de cel stâng, la dreptaci apare o convexitate spre dreapta, scolioză toracală dreaptă. La stângaci este invers.

• **Cutia (cuşca) toracică *[Thorax (Chest)]*** este alcătuită din cele douăsprezece perechi de coaste şi de stern (fig. 2.9).

~ **Coastele**, în formă de arcuri cu convexitatea în afară, formează grilajul antero-lateral al cuştii toracice. Primele 7 perechi se inseră dorsal pe primele 7 vertebre toracale şi ventral direct pe stern, prin cartilajul sterno-costal şi sunt denumite *coaste adevărate*. Perechile de coaste VIII, IX şi X se inseră dorsal pe vertebrele toracale corespunzătoare şi ventral – prin cartilaje – pe cartilajul sterno-costal al coastei a VII-a (deci nu se leagă direct cu sternul). Se numesc *coaste false*. Perechile de coaste XI şi XII sunt scurte şi se articulează numai dorsal, cu vertebrele toracale corespunzătoare, iar ventral nu se articulează cu nici un os. Sunt denumite *coaste flotante*. Pe diferitele coaste se inseră muşchii intercostali externi, intercostali in-

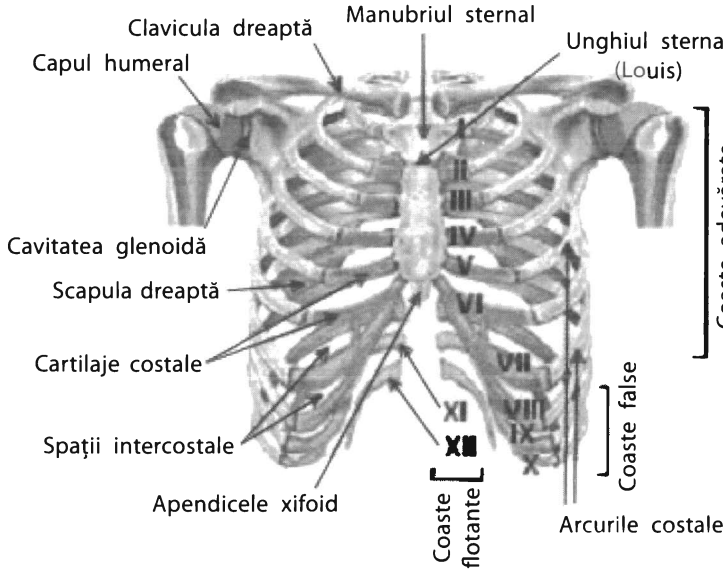


Fig. 2.9 – Cutia toracică. I-VII = coaste adevărate; VIII-X = coaste false; XI-XII = coaste flotante.

terni, pectoralul mare, dinţatul anterior, dinţatul postero-superior, dreptul abdominal şi diafragmul (pe ultimele coaste).

~ **Sternul** este un os lat, situat median în regiunea ventrală a toracelui, şi formează partea principală din „coşul pieptului". I se descriu, în sens cranio-caudal, manubriul (partea superioară, mai groasă), corpul sternal şi apendicele xifoid, situat la partea inferioară, la limita cu epigastrul. Sternul se articulează cu cele două clavicule şi cu cele 7 perechi de coaste adevărate.

Pe stern se inseră muşchiul sternocleidomastoidian şi pectoralul mare.

2.3.3. SCHELETUL MEMBRELOR SUPERIOARE *[The bones of the upper limb]*

Cuprinde centura scapulară, scheletul braţului, al antebraţului, oasele carpiene, scheletul mâinii şi al degetelor. Numărul total de oase pentru ambele membre superioare este de 64.

• **Centura scapulară** este cea care leagă membrul superior de trunchi. Ea cuprinde cele două clavicule şi cele două scapule (fig. 2.10).

– **Clavicula** este un os par, lung, având forma literei S culcată. Se articulează medial cu manubriul sternal şi lateral cu acromionul scapulei. Pe claviculă se inseră muşchiul sternocleidomastoidian, trapezul, pectoralul mare şi deltoidul.

~ **Scapula (omoplatul)** este un os par, lat, de formă triunghiulară cu baza în sus, având faţa ventrală aplicată pe toracele posterior. Dispune de suficientă mobilitate faţă de cuşca toracică. I se descriu antero-lateral apofiza coracoidă (unde se inseră muşchiul pectoral mic şi bicepsul brahial),

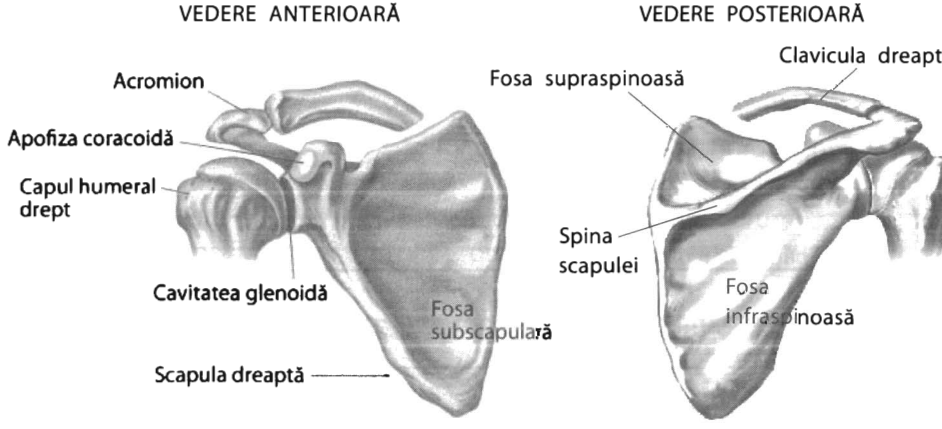


Fig. 2.10 – Centura scapulară dreaptă şi articulaţia umărului.

lateral cavitatea glenoidă (unde se articulează cu capul humerusului) și dorsal spina scapulei, terminată cu acromion (unde se articulează cu clavicula). Pe scapulă se mai inseră – în afară de mușchii menționați – trapezul, dințatul anterior și deltoidul.

• **Scheletul brațului** este reprezentat printr-un singur os lung, humerus. Acestuia i se descriu (fig. 2.11):

– epifiza proximală, reprezentată prin capul humeral care se articulează cu scapula în cavitatea glenoidă a acesteia. Sub capul humeral se găsește un șanț circular denumit gâtul (colul) anatomic al humerusului. Dedesubt, unde osul începe să se subțieze, se află colul chirurgical (unul dintre locurile de elecție pentru fracturile de humerus);

– diafiza, reprezentată prin corpul humerusului;

– epifiza distală care cuprinde în ordine – dinspre partea laterală înspre cea medială – o proeminență osoasă, epicondilul (lateral); o formațiune osoasă sferică, condilul (care se articulează cu capul radiusului); o formațiune osoasă în formă de mosor, trohleea (care se articulează cu ulna); o altă proeminență, epitrohleea (epicondilul medial). Dorsal și deasupra trohleei se află foseta olecraniană, unde pătrunde vârful apofizei olecraniene a ulnei,

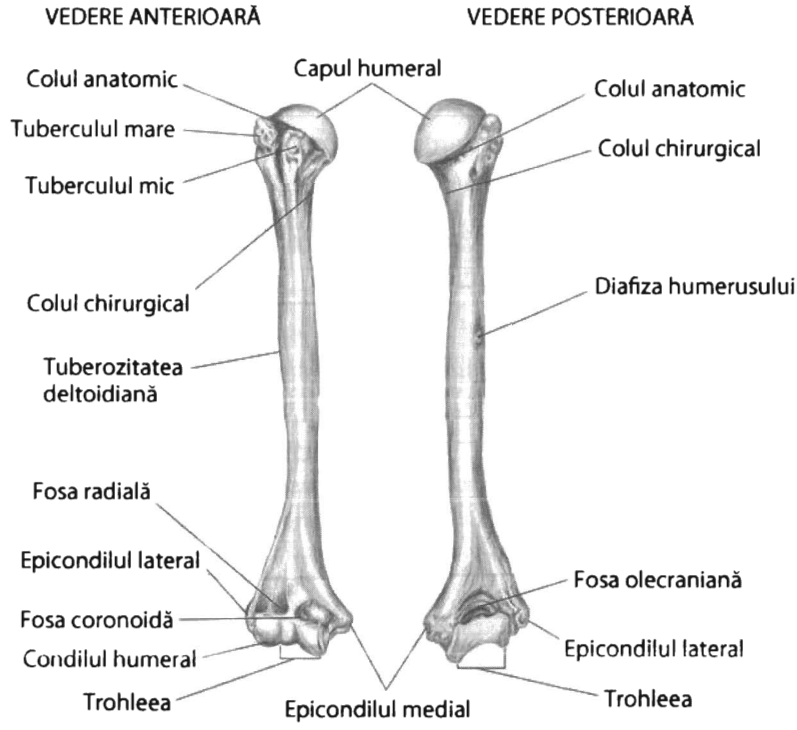


Fig. 2.11 – Humerusul drept.

limitând mișcarea de extensie a antebrațului. Pe humerus se inseră mușchii mare pectoral, brahial, tricepsul brahial și deltoidul.

- **Scheletul antebrațului** este format de radius și ulna (cubitus).

– **Radius** – care în poziția anatomică a corpului este situat lateral – cuprinde epifiza proximală, reprezentată prin capul radiusului (prevăzut cu foseta prin care se articulează cu condilul humeral); diafiza care este corpul radiusului (prevăzut cu creasta interosoasă unde se inseră membrana interosoasă ce îl leagă de ulna); epifiza distală, mai masivă (prevăzută cu apofiza stiloidă a radiusului, cu o față articulară pentru capul ulnei și cu o față articulară carpiană pentru primele 2 oase carpiene din rândul proximal al carpului). Pe radius se inseră mușchii biceps brahial, pronatorul pătrat și pronatorul rotund.

– **Ulna (cubitus)** este osul medial al antebrațului. Epifiza proximală include anterior incizura trohleară (prin care se articulează cu trohleea humerală), apofiza olecraniană (olecranul) care este situată posterior și în cursul extensiei antebrațului pătrunde în foseta olecraniană a humerusului (care îi limitează mișcarea) și apofiza coronoidă situată anterior sub incizura trohleară. Diafiza (corpul ulnei) este legată prin membrana interosoasă de radius. Epifiza distală este reprezentată prin capul ulnei, prelungit cu apofiza stiloidă. În afară de humerus, ulna se mai articulează cu circumferința capului radial, cu epifiza distală a radiusului și cu osul piramidal al carpului. Pe ulnă se inseră mușchiul brahial și tricepsul brahial (pe apofiza olecraniană) (fig. 2.12).

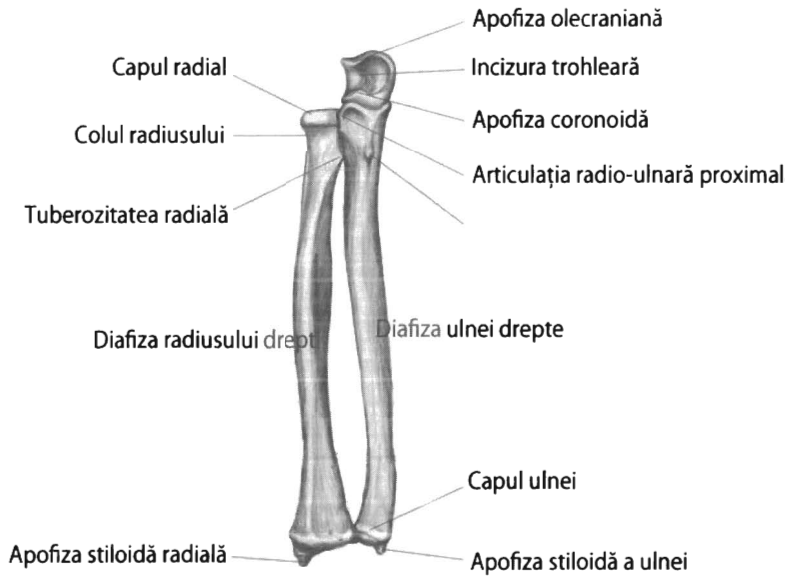


Fig. 2.12 – Oasele antebrațului: radius și ulna (cubitus). Vedere anterioară a antebrațului drept.

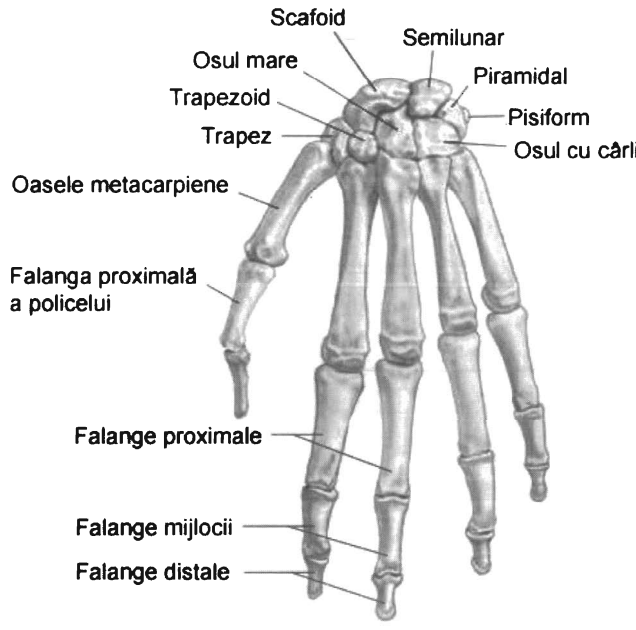


Fig. 2.13 – Oasele mâinii. Vedere anterioară a mâinii drepte.

• **Scheletul mâinii** este alcătuit din oasele carpiene, metacarpiene şi falange, totalizând, pentru o mână, 27 de oase (fig. 2.13).

– **Oasele carpiene,** oase scurte, 8 la număr la fiecare membru superior, intră în structura articulaţiei „pumnului". Ele sunt dispuse pe două rânduri. Rândul proximal cuprinde – din lateral spre medial – oasele scafoid, semilunar, piramidal şi pisiform. Primele două intră în componenţa articulaţiei radio-carpiene; ultimul, os foarte mic, NU intră în nici o componenţă articulară. Rândul distal include (respectând ordinea lateral → medial): trapezul, trapezoidul, osul mare şi osul cu cârlig. Ele se articulează cu oasele carpiene din rândul proximal şi cu metacarpienele (= articulaţia carpo-metacarpiană).

– **Oasele metacarpiene**, 5 la număr la fiecare mână, sunt oase lungi care alcătuiesc scheletul mâinii. Ele se articulează proximal cu rândul al doilea de carpiene şi distal cu primele falange ale degetelor (articulaţia metacarpo-falangiană).

– **Falangele degetelor** (denumite în ordine de la proximal la distal falange, falangine, falangete) sunt oase lungi, în număr de 14 la fiecare mână, deoarece policele are numai 2 falange şi NU 3, ca celelalte degete. Articulaţiile dintre mână şi falange se numesc articulaţii interfalangiene.

2.3.4. SCHELETUL MEMBRELOR INFERIOARE *[The bones of the lower limb]*

Cuprinde centura pelvină, scheletul coapsei, al gambei, oasele tarsiene, oasele metatarsiene şi falangele degetelor de la picioare. În total, pentru ambele membre inferioare, rezultă un număr de 82 de oase (unităţi osoase) (fig. 2.14).

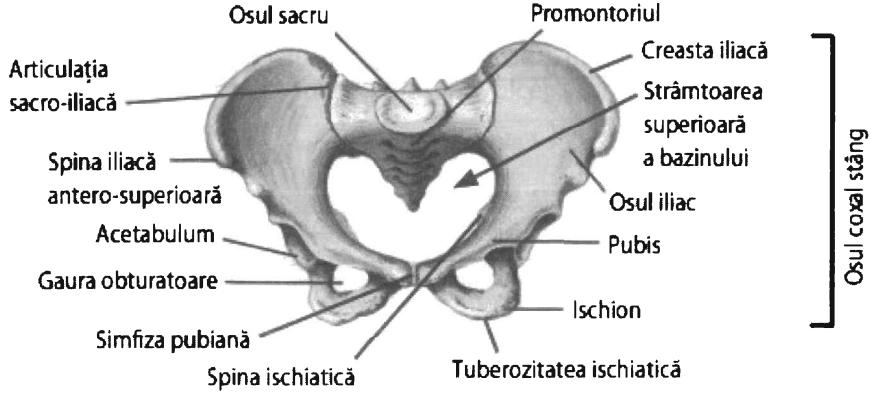


Fig. 2.14 – Bazinul osos (pelvis). Vedere antero-superioară.

• **Centura pelvină** face legătura dintre trunchi şi membrele inferioare. Ea este reprezentată de fiecare parte printr-un singur os mare, rezultat însă din fuziunea altor trei oase:

– **Osul coxal**. Acesta apare ca o unitate osoasă în urma fuziunii osului iliac (os lat cu suprafaţa cea mai mare şi situat cranial), a osului pubis (situat antero-inferior) şi a ischionului (os situat postero-inferior). Faţa medială a coxalului contribuie la peretele lateral al bazinului. Faţa laterală prezintă cavitatea cotiloidă (acetabulum) unde coxalul se articulează cu capul femural. Acetabulum este înconjurat de o creastă osoasă semicirculară, sprânceana acetabulului. Creasta iliacă reprezintă marginea superioară a osului, este relativ lată şi prezintă în continuare, în sens caudal, 4 proeminenţe numite spine (2 anterioare şi 2 posterioare); spina iliacă antero-superioară, spina iliacă antero-inferioară, spina iliacă postero-superioară şi spina iliacă postero-inferioară. Sub spina iliacă postero-inferioară se află marea incizură ischiatică.

§ **NOTĂ APLICATIVĂ**. *Creasta iliacă şi spina iliacă postero-superioară sunt locuri de elecţie pentru puncţia osoasă efectuată în scopul prelevării*

unui fragment de măduvă hematopoietică (osul iliac, fiind os lat, adăposteşte acest fel de măduvă). Din fragmentul recoltat, după colorare, se efectuează - prin examen microscopic - mielograma, adică reprezentarea procentuală a celulelor medulare, analiză necesară în aproape toate bolile de sânge.

Oasele pubiene se articulează anterior între ele prin simfiza pubiană, iar ischioanele au o parte îngroşată, tuberozitatea ischiatică. Prin articularea ramului inferior al pubisului cu ischionul rezultă gaura obturatoare, închisă în cea mai mare parte de membrana obturatoare. În afară de femur, coxalul se mai articulează cu osul sacrum prin suprafaţa articulară situată pe marginea medială a osului iliac. Pe osul coxal se inseră muşchii fesieri (gluteul mare, mijlociu şi mic), pătratul lombelor, bicepsul femural, croitorul (sartorius) şi dreptul abdominal (acesta are inserţie pe pubis) (fig. 2.15).

• **Scheletul coapsei** este reprezentat printr-un singur os:

- **Femurul,** cel mai lung şi mai greu os din corp, are epifiza proximală reprezentată prin capul femural, care se articulează cu acetabulum din osul coxal (= articulaţia coxofemurală = articulaţia şoldului, foarte mobilă). Capul femural se continuă cu gâtul (colul) femural. În zona de unire cu diafiza (reprezentată prin corpul femural) există două proeminenţe osoase, trocanterul mare şi trocanterul mic, locuri de inserţie pentru muşchi. Corpul femurului are în zona lui dorsală linia aspră, loc de inserţie musculară. Epifiza distală este formată din cei doi condili femurali (proeminenţe osoase ro-

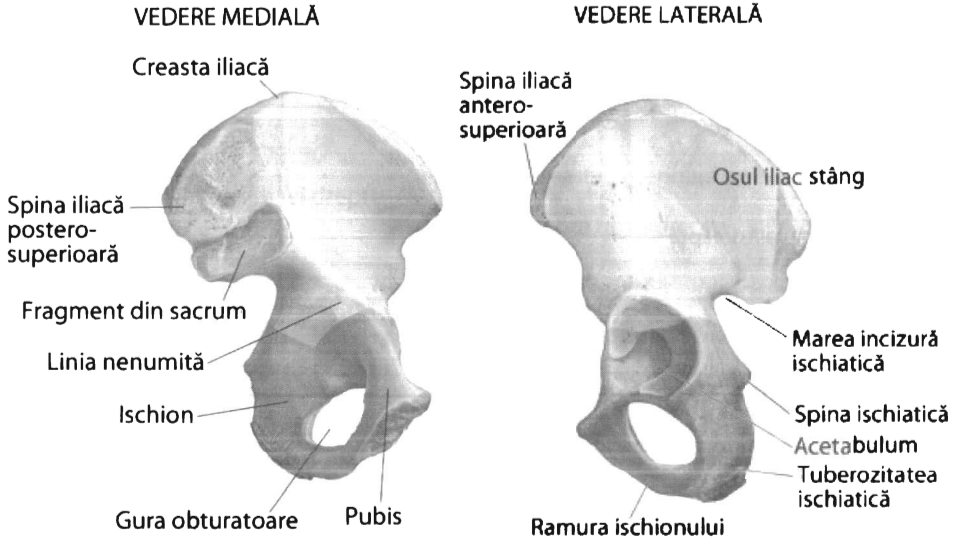


Fig. 2.15 - Osul coxal stâng.

tunde) separaţi prin groapa (fosa) intercondiliană. Condilii femurali se articulează distal cu platourile tibiale, iar anterior – printr-o suprafaţă articulară care îi uneşte – cu rotula (patella). Pe femur se inseră muşchii: biceps femural, vastul lateral, vastul intermediar şi vastul medial (fig. 2.16).

– **Rotula (patella)** este un os de tip sesamoid (adică dezvoltat în interiorul unui tendon care este tendonul cvadricepsului femural) aparţinând articulaţiei genunchiului. Pe faţa dorsală, ea prezintă două faţete articulare (medială şi laterală) prin care se articulează cu suprafaţa articulară corespunzătoare dintre cei doi condili femurali.

• **Scheletul gambei** este reprezentat prin două oase: tibia şi fibula (peroneul).

– **Tibia,** os lung, situat în partea medială a gambei, este osul cu cea mai mare rezistenţă mecanică din corp, datorită orientării lamelor osoase în sensul liniilor de forţă suportate de os. Epifiza proximală este reprezentată prin doi condili (medial şi lateral) pe care se află cele două feţe articulare pentru condilii femurali. Lateral faţă de condilul lateral se află faţa articulară pentru capul fibulei. Anterior, la locul de unire a condililor cu corpul tibiei, există tuberozitatea tibiei, loc de inserţie musculară. Diafiza, reprezentată prin corpul tibiei, are o creastă anterioară, situată imediat sub piele (foarte dureroasă în caz de lovire!). Epifiza distală este reprezentată de o proeminenţă cu vârful în jos, maleola medială, prevăzută lateral cu faţa

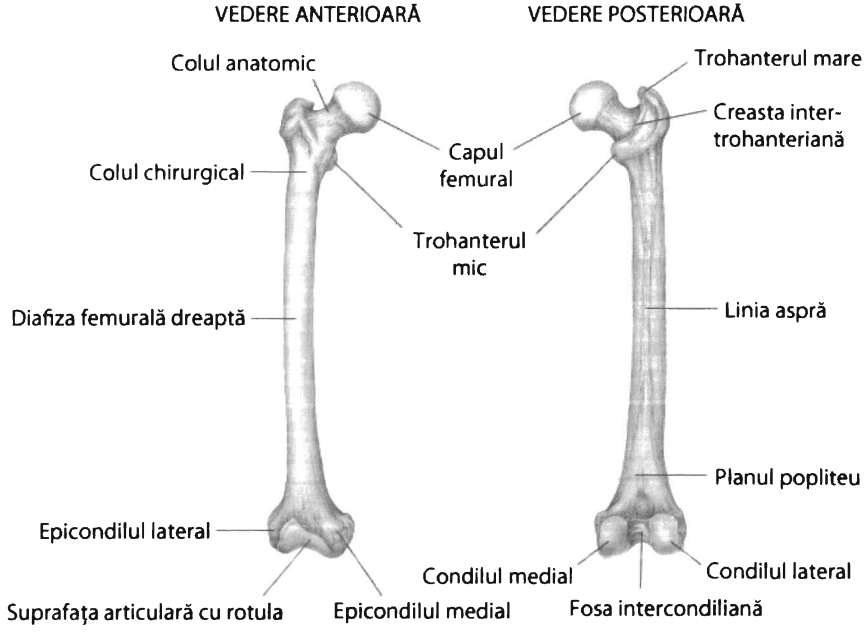


Fig. 2.16 – Femurul drept.

articulară pentru talus, deasupra acesteia găsindu-se faţeta de articulare cu extremitatea distală a fibulei.

Pe tibie se inseră muşchii: biceps femural, croitorul şi tendonul comun al celor 4 muşchi care alcătuiesc cvadricepsul coapsei (adică muşchiul drept al coapsei, vastul intermediar, vastul medial şi vastul lateral).

– **Fibula (peroneul)** este un os lung, mult mai subţire, situat lateral faţă de tibie şi care îşi trage numele de la agrafa cu care romanii îşi încheiau toga (îi seamănă ca formă). Epifiza proximală este capul fibulei şi se articulează cu tibia. Epifiza distală este reprezentată prin maleola laterală, prevăzută medial cu faţa articulară pentru talus şi deasupra acesteia cu faţa articulară pentru epifiza distală a tibiei. Pe fibulă se inseră muşchiul biceps femural (fig. 2.17).

• **Scheletul piciorului** este alcătuit din oasele tarsiene, metatarsiene şi falangele degetelor de la picioare, totalizând, la un singur picior, 26 de oase.

– **Oasele tarsiene**, în număr de 7, sunt în ordine de la proximal spre distal:

– **talusul (astragalul),** care participă la articulaţia gleznei (= articulaţia talo-crurală), este prins ca într-o furcă (cu deschiderea în jos) între suprafeţele articulare ale tibiei şi fibulei, suprafeţe care sunt flancate în afară de maleolele celor două oase;

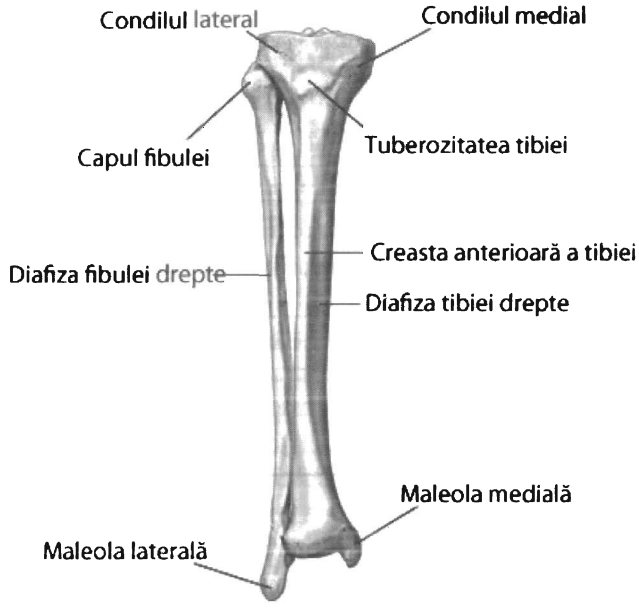


Fig. 2.17 – Tibia şi fibula de la gamba dreaptă. Vedere anterioară.

– **calcaneul**, situat sub talus, oferă prin tuberozitatea calcaneană, locul de inserţie pentru tendonul lui Ahile;

– **osul navicular, osul cuboid** şi cele **trei cuneiforme** se aliniază aproximativ pe un singur rând, distal faţă de talus şi calcaneu. Ele se articulează în continuare (distal) cu metatarsienele (articulaţia tarso-metatarsiană).

– **Oasele metatarsiene**, oase lungi în număr de 5, se articulează în continuare (distal) cu falangele proximale ale degetelor de la picioare (articulaţii metatarso-falangiene).

– **Falangele degetelor de la picioare** sunt în număr de 14 pentru un singur picior, deoarece halucele (degetul mare de la picior) are numai 2 falange, pe când celelalte degete au câte 3 falange. Articulaţiile dintre ele sunt articulaţii interfalangiene (fig. 2.18).

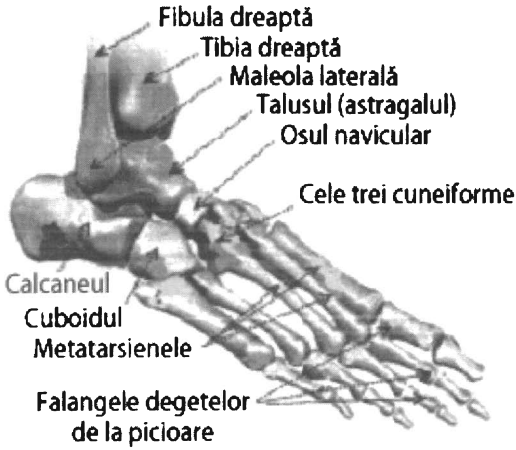


Fig. 2.18 – Oasele tarsiene, metatarsiene şi falangele degetelor de la piciorul drept.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA SISTEMULUI OSOS *[Applications to the bones pathology]*

Rahitismul carenţial *[Rickets]* este o boală a copilăriei produsă de carenţa în vitamina D. Rolul acestei vitamine este de a mări absorbţia intestinală a calciului şi a fosforului şi de a favoriza fixarea acestor minerale în oase, sub forma de fosfat tricalcic. În absenţa vitaminei D, creşterea oaselor în lungime este încetinită, procesul de calcificare osoasă suferă, oasele devin moi, fragile şi se produc deformări care uneori pot rămâne pentru toată viaţa (curburi exagerate ale coloanei vertebrale, membre inferioare în formă de paranteze sau în X, turtirea oaselor bazinului). Din această cauză, profilaxia rahitismului carenţial prin administrarea de vitamină D este obligatorie la sugari începând din prima lună de viaţă.

Osteoporoza *[Osteoporosis]* este scăderea densităţii osoase produsă de un proces de demineralizare şi anume absorbţia calciului şi a fosforului din oase, proces favorizat de rarefierea progresivă a matricei proteice osoase. Se întâlneşte la femei după menopauză, la bătrâni şi după tratamente prelungite cu corticosteroizi. Diagnosticul bolii se confirmă prin osteodensitometrie. Sunt posibile complicaţii: diminuarea taliei, deformări osoase şi fracturi pe oasele fragile.

2.4. ARTICULAŢIILE
[Joints]

Articulaţiile asigură legăturile între oase, dar ele diferă ca structură şi grad de complexitate, în funcţie de amplitudinea mişcărilor pe care trebuie să le descrie. Există trei tipuri de articulaţii: fixe, semimobile şi mobile. Complexitatea structurii creşte în această ordine până la articulaţiile mobile, unde se execută mişcări ample şi variate.

• **Articulaţiile fixe (sinartroze)** nu permit nici un fel de mişcare a oaselor componente.

Din această categorie fac parte ***sincondrozele*** în care oasele sunt solidarizate printr-o lamă de ţesut cartilaginos (ex.: lama perpendiculară a osului etmoid cu vomerul, în cadrul septului osos nazal); ***sindesmozele*** în care oasele sunt legate prin ţesut conjunctiv (ex.: oasele coxale cu osul sacrat) şi ***suturile*** în care între oase se interpune un strat subţire de ţesut conjunctiv fibros (ex.: între oasele bolţii craniene).

• **Articulaţiile semimobile (amfiartroze**) permit unele mişcări (limitate) între oase. Aici se încadrează articulaţiile dintre corpurile vertebrale.

• **Articulaţiile mobile (diartroze)** permit mişcări ale oaselor participante în diferite planuri şi cu amplitudine uneori foarte mare. În general, o articulaţie mobilă are în structura ei următoarele componente:

– suprafeţele articulare ale oaselor care se articulează, acoperite fiecare de câte un cartilaj articular, format din ţesut cartilaginos hialin. Aceste cartilajele sunt adevărate amortizoare care protejează suprafeţele articulare osoase. Odată cu înaintarea în vârstă ele se atrofiază parţial şi apar fenomene de artroză (boală articulară produsă de degenerarea cartilajelor);

– există şi alte tipuri de cartilaje intraarticulare care completează spaţiile unde suprafeţele osoase nu se îmbină perfect (ex.: meniscurile din articulaţia genunchiului, formaţiuni care sunt sediul unor traumatisme foarte neplăcute la fotbalişti);

- capsula articulară fibroasă este învelişul extern rezistent şi protector care acoperă toate formaţiunile din articulaţie;
- membrana sinovială căptuşeşte capsula fibroasă, este subţire, vascularizată şi secretă lichidul sinovial care facilitează alunecarea suprafeţelor articulare;
- ligamentele colaterale solidarizează oasele participante la o articulaţie mobilă;
- ligamentele intraarticulare sunt benzi de ţesut conjunctiv fibros aflate în interiorul articulaţiilor cu o mare solicitare (ex.: articulaţia coxofemurală, articulaţia genunchiului) (fig. 2.19).

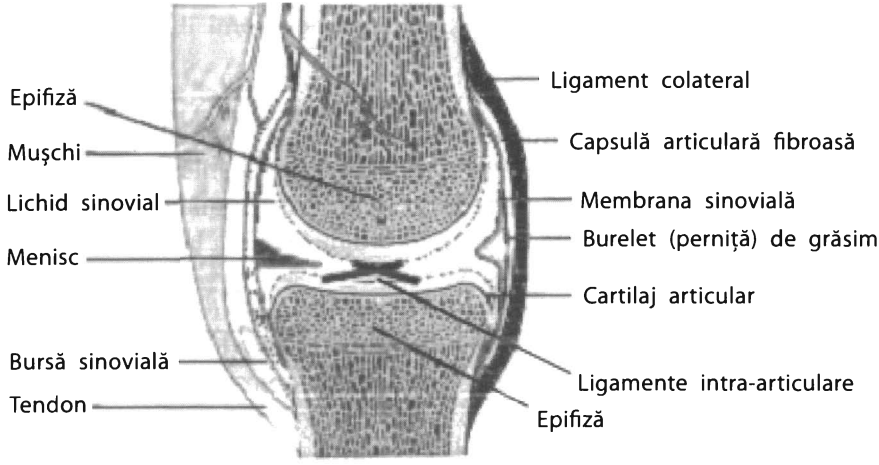


Fig. 2.19 – Structura unei articulaţii mobile.

NU toate articulaţiile mobile au posibilitatea mişcării în orice direcţie. Există articulaţii mobile uniaxiale, în care mişcarea se desfăşoară în jurul unei singure axe (ex.: articulaţia cotului); articulaţii mobile biaxiale, în care mişcările se efectuează în jurul a două axe (ex.: carpo-metacarpiană); articulaţii mobile tri- şi poliaxiale reprezentate prin articulaţiile cu o conformaţie sferică (ex.: articulaţia umărului = scapulo-humerală; articulaţia şoldului = coxo-femurală).

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA ARTICULARĂ *[Applications to the joint pathology]*

Poliartrita reumatoidă *[Rheumatoid arthritis]* este o boală articulară cronică şi evolutivă, în care sunt afectate – în general simetric – un număr

variabil de articulaţii, începând cu cele mici şi ajungându-se treptat la articulaţii mari. Articulaţiile prinse sunt foarte dureroase, tumefiate (umflate), cu pielea locală uşor congestionată şi fierbinte, cu mişcările limitate din ce în ce mai mult. În structura articulaţiilor se produc modificări ample: îngroşarea membranei sinoviale, apariţia unui lichid inflamator abundent (dar fără puroi!), formarea unui ţesut granulos care distruge cartilajele, uneori leziuni ale capsulei articulare şi chiar ale extremităţilor osoase (epifizelor) din vecinătate. Netratată, boala evoluează spre deformări articulare severe şi anchiloze multiple.

Artroza *[Degenerative joint disease]* are o evoluţie cronică şi poate afecta una sau mai multe articulaţii. Boala apare după vârsta de 60 de ani şi la sportivi care au suferit traumatisme articulare repetate. La baza producerii afecţiunii stă o alterare biochimică: diminuarea concentraţiei de glucozamină şi condroitinsulfat în substanţa fundamentală a ţesutului cartilaginos. Articulaţiile devin dureroase, sunt tumefiate şi cu mişcările limitate. În structura lor se produce o degenerare până la distrugere a cartilajelor; acelaşi proces îl suferă şi ligamentele articulaţiei, dar membrana sinovială nu este afectată.

3. SISTEMUL MUSCULAR
[THE MUSCLE SYSTEM]

DEFINIȚII ȘI EXPLICAȚII

- *Anticorpi* → Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR.
- *Biopotențial* = potențial electric produs în structurile vii datorită electrogenezei care are loc în urma fenomenelor de transport ionic transmembranar, fie activ (prin pompe ionice, ex.: pompa de sodiu), fie pasiv (prin canale ionice, ex.: canale de potasiu).
- *Comisură* = locul unde se unesc două formațiuni anatomice corespondente (ex.: comisura bucală = „colțul buzelor", comisura pleoapelor).
- *Depolarizare* = modificare – sub influența unui stimul – a polarizării membranei celulare, prin deschiderea canalelor de sodiu de la exterior spre celulă, urmată de influx de Na^+.
- *Eflux* = ieșirea (unor ioni) din celulă.
- *Influx* = pătrunderea (unor ioni) în celulă.
- *Inserție musculară* = zona de atașare a unui mușchi pe os.
- *Potențial de acțiune* = modificare rapidă și scurtă (de 350 msec.) a potențialului de membrană al unei celule, în momentul în care suferă o excitație care are cel puțin intensitatea de prag. Se trece de la potențialul de repaus de –70 mV la un potențial de +30 mV, realizându-se deci o amplitudine de 100 mV. Este format din două fenomene care se succedă rapid, dar în ordine: depolarizarea și repolarizarea.
- *Potențial de repaus* = potențialul de membrană (diferența dintre fața internă și fața externă a membranei) al unei celule care NU este sub efectul nici unui stimul. Are valoarea de – 70 mV.
- *Potențial electric* = mărime a cărei variație caracterizează un câmp electric.
- *Prag (pentru un stimul, adică un excitant)* = intensitatea minimă pe care trebuie să o aibă un stimul pentru a obține un răspuns de la formațiunea excitată.

- *Repolarizare* = etapa care urmează după depolarizare, în care – prin deschiderea canalelor de potasiu – celula (fibra musculară) revine la starea de potențial de repaus.
- *Sinapsă* → Cap. 4 – SISTEMUL NERVOS.
- *Tendonul lui Ahile* = tendonul calcanean (al mușchiului gastrocnemian plus mușchiul solear de pe fața dorsală a gambei). Ahile, eroul grec din războiul troian, avea un singur punct vulnerabil unde putea fi rănit: zona acelui tendon, de unde fusese ținut – imediat după naștere – în momentul scufundării în apa Stixului. A fost ucis cu o săgeată otrăvită care l-a lovit chiar în tendon.

Sistemul muscular este reprezentat prin:

– **mușchii striați** care constituie musculatura somatică, atașată diferitelor segmente ale scheletului și supusă voinței. Ei reprezintă componenta activă a aparatului locomotor care, acționând asupra scheletului, îi imprimă gama – practic infinită – de poziții și mișcări ale corpului;

– **mușchii netezi**, independenți de voință, care au un rol decisiv în funcționarea organelor interne și a sistemului vascular;

– **miocard,** care – având o structură și o fiziologie proprie – va fi descris la → Cap. 7 – APARATUL CARDIOVASCULAR ȘI SISTEMUL LIMFATIC.

3.1. ȚESUTUL MUSCULAR STRIAT
[Striated muscle]

Mușchii striați reprezintă masa musculară cea mai importantă, ajungând până la 40% din greutatea corporală. Lor li se datorează întreaga activitate locomotorie: stațiunea verticală (ortostatică), mersul și alergarea, realizarea de eforturi fizice, mișcările membrelor superioare (gesturile) inclusiv cele fine, modificările mimicii feței, vorbirea, scrisul. Toată musculatura striată este dirijată prin fibre nervoase eferente de către centrii piramidali (din aria somatomotorie situată în girusul precentral) pentru motilitatea voluntară și de către centrii extrapiramidali pentru motilitatea automată [→ Cap. 4.2 – SISTEMUL NERVOS CENTRAL].

Un mușchi striat este alcătuit din:

– fibre musculare striate paralele, dispuse longitudinal;

– fascia (aponevroza de înveliș a mușchiului, **epimissium**), care este o membrană albă, rezistentă, formată din fibre conjunctive dense, alcătuind învelișul exterior;

– **perimissium** este format din septurile conjunctive ce pleacă în profunzime din epimissium şi separă fasciculele de fibre musculare);

– **endomissium** reprezintă tecile subţiri de ţesut conjunctiv care înconjoară fiecare fibră musculară);

– tendoane la capete: formaţiuni alungite ca nişte cordoane groase, albe, formate din ţesut conjunctiv fibros prin care muşchiul se inseră într-un punct pe os;

– aponevroze de inserţie (numai la unii muşchi) care sunt de fapt tendoane aplatizate: se prezintă ca nişte membrane albe din ţesut conjunctiv fibros, prin care muşchiul se inseră pe o zonă mai întinsă a unui os.

3.1.1. STRUCTURA HISTOLOGICĂ A MUŞCHIULUI STRIAT *[Histological structure of the striated muscle]*

O fibră musculară reprezintă o celulă musculară. Are forma alungită, cu o grosime de 10-100 μ şi o lungime foarte variabilă de la 1 mm la 10-12 cm. Membrana celulei (fibrei) se numeşte ***sarcolemă,*** iar citoplasma – în cantitate mică – este ***sarcoplasma.*** În interiorul fibrei există mai mulţi nuclei – dispuşi la periferie –, miofibrile şi diferite organite celulare (fig. 3.1).

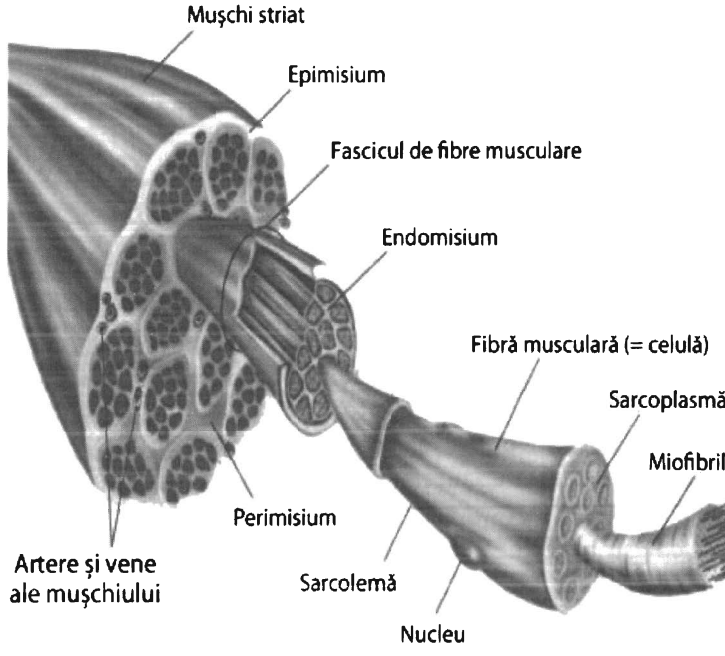


Fig. 3.1 – Structura muşchiului striat.

Miofibrilele reprezintă elementul funcțional, contractil, al fibrei musculare. Ele sunt așezate paralel cu axul fibrei și sunt formate dintr-o alternanță de benzi (discuri) clare cu benzi (discuri) întunecate, vizibile microscopic. Benzile sunt aliniate astfel încât toate cele clare dintr-un rând se află pe un aliniament, iar cele întunecate dintr-un rând se află pe un aliniament diferit. Deoarece există în fiecare fibră un număr extrem de mare de asemenea aliniamente, fibra musculară în totalitate apare striată transversal.

La rândul lor, fiecare din aceste benzi sunt subîmpărțite: în mijlocul benzilor întunecate se află banda H care apare luminoasă; în mijlocul benzilor clare apare membrana Z care sincronizează toate miofibrilele în cursul contracției musculare deoarece traversează fibra pe toată lățimea ei, solidarizează miofibrilele și se inseră pe partea internă a sarcolemei. Între două membrane Z succesive, toate structurile cuprinse formează un ***sarcomer,*** unitatea morfo-funcțională a miofibrilei. Sarcomerul include un aliniament complet de benzi întunecate, flancat la capete de câte o jumătate de aliniament de benzi clare, până la membrana Z.

Detaliind prin examen electronooptic, structura unei miofibrile, se observă că în aceasta există două tipuri diferite de microfilamente contractile (care au o compoziție proteică):

– unele sunt groase, paralele cu axul miofibrilei, formate din ***miozină*** (o globulină) și alcătuiesc benzile (discurile) întunecate;

– celelalte sunt subțiri, formate din ***actină*** (proteină cu formă globulară sau filamentoasă) și formează benzile clare. Acestea se inseră cu un capăt pe membrana Z și cu celălalt pătrund printre filamentele de miozină până lângă banda luminoasă H. Fiecare miofibrilă este formată din cca 1.500 filamente de miozină și dintr-un număr mult mai mare de filamente de actină. În discurile întunecate fiecare filament de miozină este înconjurat de câte 6 filamente de actină, pe câtă vreme în discurile clare există numai filamente de actină.

Organitele intracelulare din fibra musculară. În sarcoplasma fibrei musculare există:

– numeroase mitocondrii în care se desfășoară reacțiile de oxido-reducere generatoare de energie. Aceasta se acumulează în ATP, urmând a fi degajată în momentul activității fibrei;

– un reticul endoplasmic bogat care eliberează și captează ionii de calciu, necesari contracției musculare și relaxării mușchilor;

– o rețea de canalicule longitudinale și transversale prin care se transmite rapid comanda de contracție recepționată de sarcolemă până la miofibrilele care o execută;

– ribozomi, incluziuni de glicogen și de mioglobină.

Unitatea morfologică a muşchiului striat este deci fibra musculară = celula multinucleată a muşchiului striat.

Unitatea funcţională a muşchiului striat este aşa-numita **unitate motorie**, formată dintr-un neuron motor medular plus un număr de fibre musculare care îi sunt alocate. De reţinut că fiecare fibră musculară este sub controlul unui singur neuron motor medular, dar că un neuron motor poate controla numeroase fibre musculare. Toate fibrele musculare aflate sub controlul aceluiaşi neuron motor sunt acţionate (excitate) simultan. Numărul de fibre musculare în cadrul unităţii motorii este variabil, fiind mai puţine (3-6 şi chiar mai puţine) pentru muşchii care execută mişcări de fineţe şi precizie (spre exemplu la muşchii globilor oculari fiecare motoneuron controlează doar o singură fibră!). Invers, pentru muşchii ce execută mişcări grosolane, unui singur motoneuron îi sunt alocate câteva sute de fibre musculare (la muşchii spatelui şi la unii muşchi ai membrelor inferioare).

Inervaţia muşchiului striat:

– **cea senzitivă** este reprezentată prin dendritele neuronilor senzitivi din ganglionul spinal (de pe rădăcina posterioară a fiecărui nerv spinal). Acestea culeg informaţii de la receptorii proprioceptivi care formează analizatorul kinestezic: terminaţii nervoase libere, corpusculii Vater-Pacini şi corpusculii Ruffini, organele tendinoase Golgi, fusurile neuro-musculare dintre fibrele muşchilor [→ Cap. 5.5 – ANALIZATORUL KINESTEZIC]. Impulsurile nervoase sunt transmise centripet, prin rădăcina posterioară a nervului spinal unele spre centrii reflecşi medulari, altele spre căile sensibilităţii proprioceptive conştiente şi inconştiente [→ Cap. 4.2.1 – MĂDUVA SPINĂRII];

– **cea motorie** este reprezentată de axonii motoneuronilor din coarnele anterioare medulare. Aceşti axoni alcătuiesc rădăcinile anterioare ale nervilor spinali (cu fibre exclusiv motorii). În apropierea fibrelor musculare îşi pierd teaca de mielină şi se ramifică, având la fiecare capăt butoni terminali. Butonii formează, prin membrana lor, o componentă presinaptică, iar porţiunea îngroşată a sarcolemei cu care vin în contact reprezintă o componentă postsinaptică. Împreună formează sinapsa neuromusculară numită placa motorie (terminală). Impulsul nervos eferent, sosit prin axonii motoneuronilor medulari, declanşează eliberarea mediatorului chimic din veziculele conţinute în butonii terminali. Acest mediator este acetilcolina [→ **Sinapsa** în Cap. 4.1 – CELULE ŞI FIBRE NERVOASE] care transmite impulsul motor fibrei musculare (fig. 3.3).

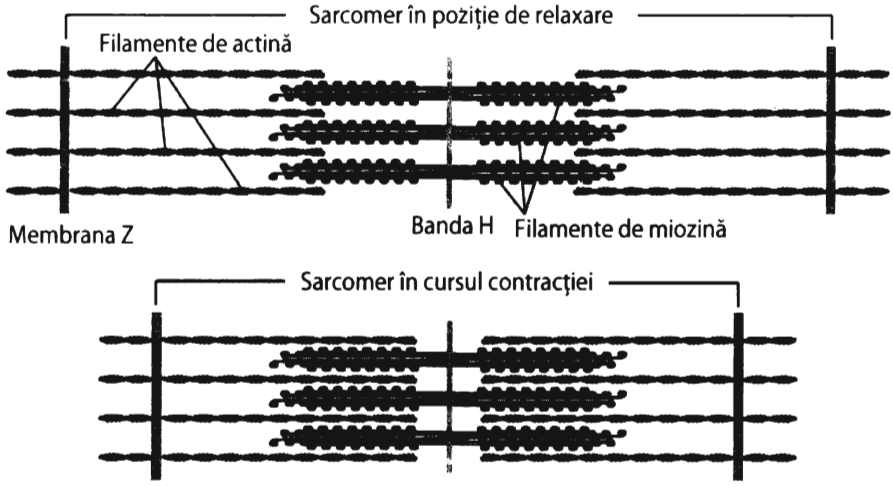


Fig. 3.2 – Sarcomer în poziție de relaxare și în cursul contracției musculare. Se observă că filamentele de actină sunt mai subțiri și mai numeroase decât cele de miozină.

3.1.2. COMPOZIȚIA BIOCHIMICĂ A MUȘCHILOR *[Biochemical constituents of the muscle]*

- Apă 75-80%
- Substanțe minerale: calciu, potasiu, sodiu, magneziu care, sub formă de ioni, au rol în contracția musculară normală.
- Substanțe organice:

– proteinele contractile: actina și miozina care sunt desemnate împreună ca actomiozină;

– proteine necontractile din sarcoplasmă și nuclei, inclusiv enzime intracelulare;

– mioglobina, o cromoproteină care conține o grupare hem cu fier, semănând cu hemoglobina și care are capacitatea de a stoca oxigenul, mai mare chiar decât a hemoglobinei. Constituie rezervorul de oxigen al fibrei musculare;

– fosfatidele (= fosfogliceride = esteri combinați de glicerol + alcooli + acid fosforic) intră în compoziția sarcolemei și a învelișului mitocondriilor;

– glicogen, rezervor de glucoză, care înseamnă materie primă în cheltuielile energetice;

– acid adenozintrifosforic (ATP), donator de energie;

– fosfocreatina (combinație creatină + acid fosforic) care eliberează, împreună cu ATP, energia necesară contracției musculare.

3.1.3. FIZIOLOGIA MUȘCHILOR *[Physiology of the muscles]*

3.1.3.1. PROPRIETĂȚILE FIZIOLOGICE FUNDAMENTALE ALE MUȘCHILOR sunt: excitabilitatea, elasticitatea, tonusul și contractilitatea.

• **Excitabilitatea mușchiului** este proprietatea sa de a răspunde la un stimul care are cel puțin intensitatea-prag. Stimulul natural este influxul nervos motor, sosit pe calea fibrelor nervoase motorii și acționând la nivelul plăcii motorii (terminale) prin mediatorul chimic acetilcolina. Alți stimuli care declanșează răspuns muscular: curentul electric dacă are cel puțin intensitatea-prag; stimulii mecanici (presiune, lovitură); stimulul termic (un obiect fierbinte). Unele substanțe chimice au drept efect creșterea excitabilității: radicalii alcalini (dacă induc starea de alcaloză), ionii fosfați, ionii de potasiu. Alte substanțe temperează excitabilitatea: radicalii acizi, ionii de calciu, ionii de magneziu. La fibrele musculare funcționează legea „tot sau nimic": un stimul acționând asupra mușchiului cu o intensitate cel puțin egală cu cea a pragului de excitație, determină o contracție de aceeași amplitudine, indiferent dacă intensitatea lui depășește – oricât de mult – pragul.

• **Elasticitatea** este proprietatea datorită căreia mușchiul supus unor forțe exterioare mecanice (în anumite limite ale intensității), întins, deformat și comprimat de acestea, își recapătă dimensiunile și forma inițială imediat ce este lăsat din nou liber.

• **Tonusul muscular** este starea de semicontractură a mușchiului atunci când el se află în repaus. Prin urmare, niciodată mușchiul sănătos nu va fi moale precum o cârpă (nici chiar în timpul somnului, când tonusul muscular scade), permanent el trage ușor de capetele prin care este inserat. Menținerea tonusului este o funcție ce revine motoneuronilor medulari din coarnele anterioare ale măduvei spinării [→ Cap. 4.2.1 – MĂDUVA SPINĂRII]. Bolile care lezează acești neuroni (poliomielita, tumorile medulare) duc la scăderea sau chiar la dispariția tonusului muscular (hipotonie sau atonie musculară).

• **Contractilitatea** este proprietatea fiziologică specifică mușchilor, prin care un mușchi scurtându-se, poate efectua un lucru mecanic. Pentru producerea unei contracții este necesară participarea mai multor factori:

– un stimul pentru declanșarea contracției, cel natural fiind impulsul nervos motor, care pleacă de la motoneuronii tip alfa din coarnele anterioare medulare. Pot acționa și stimuli artificiali, în activitatea experimentală: stimuli mecanici (lovituri), stimuli chimici, dar mai ales stimuli electrici;

– existența în fibra musculară a unor structuri contractile care să realizeze scurtarea ei. Acestea sunt proteinele contractile miozina și actina din miofibrile;

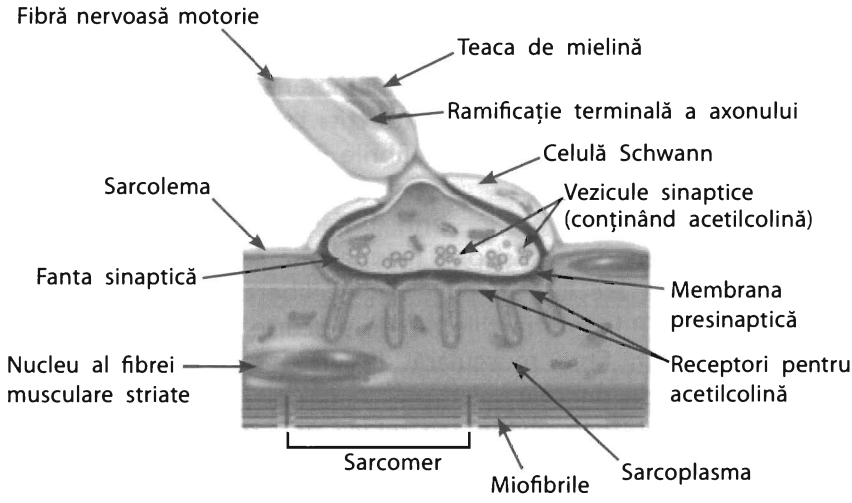


Fig. 3.3 – Joncţiunea neuromusculară: placa terminală motorie.

– surse de energie care să activeze structurile contractile, reprezentate prin ATP-ul din fibra musculară şi de fosfocreatină;

– prezenţa unor elemente ajutătoare pentru efectuarea contracţiei: ionii de calciu;

– un aport de oxigen crescut faţă de perioada de repaus a muşchiului: se deschid capilare aflate în inactivitate în perioada de relaxare musculară.

Contracţiile musculare sunt declanşate de influxul nervos motor, pornit de la motoneuronii alfa, din coarnele anterioare medulare. Declanşarea contracţiei are loc prin parcurgerea – extrem de rapidă – a următorilor timpi:

I. Influxul nervos motor, odată ajuns la nivelul terminaţiilor axonului produce descărcarea neurotransmiţătorului – care este acetilcolina – în spaţiul sinaptic.

II. Acetilcolina provoacă depolarizarea locală a membranei, ca urmare a creşterii influxului de sodiu.

III. Când depolarizarea atinge o anumită amplitudine, se declanşează un potenţial de acţiune care se propagă de-a lungul fibrelor musculare cu viteza de 30 m/sec. Acest potenţial ajunge la miofibrile pe calea membranelor din sistemul canalicular (tubular) din sarcoplasmă precum şi la reticulul endoplasmic de unde se vor elibera ionii de calciu. Calciul determină cuplarea celor două proteine contractile, actina şi miozina, rezultând actomiozina.

IV. Actomiozina favorizează hidroliza ATP în ADP + acid fosforic, eliberând cantitatea de energie necesară contracţiei, la producerea căreia intervin şi ionii de calciu.

V. Declanşarea contracţiei propriu-zise are loc prin scurtarea miofibrilelor, datorită restrângerii benzilor (discurilor) clare, prin alunecarea filamentelor de actină printre cele de miozină. Membranele Z (situate în mijlocul benzilor clare) se apropie în timpul contracţiei musculare şi se depărtează în relaxare. Discurile întunecate din miofibrile nu se modfică în timpul contracţiei.

VI. Relaxarea musculară are loc prin desfacerea moleculei de actomiozină în cele două componente şi prin recuperarea calciului de către reticulul endoplasmic, care are loc tot cu energie eliberată de ATP.

VII. Refacerea ATP în contracţiile rapide şi scurte se produce prin hidroliza fosfocreatinei din fibra musculară de unde rezultă creatină + acid fosforic + eliberare de energie.

VIII. La rândul ei, fosfocreatina se reface prin procesele de degradare a glicogenului precum şi prin consum de glucoză şi de acizi graşi care se desfăşoară cu eliberare de energie.

IX. Contracţiile musculare repetate şi îndelungate, necesitând o eliberare mai mare de energie, impun participarea reacţiilor din ciclul Krebs [→ Cap. 13.1. – METABOLISMUL INTERMEDIAR] şi un aport crescut de oxigen, realizat prin deschiderea în muşchi a mai multor capilare care sunt nefuncţionale în perioadele de repaus. Dacă posibilităţile de aport sunt depăşite, intră în acţiune consumul anaerob al glucozei cu degradarea ei până la acid lactic. Din acest acid, o fracţiune rămâne în fibra musculară şi are efect inhibitor asupra enzimelor, perturbând contracţiile. După terminarea efortului, muşchiul consumă o mare cantitate de oxigen pentru metabolizarea acidului lactic în exces. Se numeşte „datoria de oxigen a muşchiului".

3.1.3.2. ACTIVITATEA ELECTRICĂ A MUŞCHILOR. Contracţia musculară este declanşată prin fenomenul electrofiziologic de depolarizare a sarcolemei, după care se succedă toate etapele menţionate mai sus [→ § 3.1.3.1.]. În timpul contracţiei au loc fenomene electrice. Electromiografia este tehnica de investigare a muşchilor bazată pe studiul şi culegerea biopotenţialelor de repaus şi de acţiune ale fibrelor musculare, cu înregistrarea lor grafică sub formă de electromiogramă.

Aplicarea unei excitaţii electrice unice asupra nervului motor produce o contracţie rapidă şi scurtă, *secusa musculară*. Înregistrarea grafică arată că – din momentul producerii stimulului – are loc o foarte scurtă perioadă de latenţă (0,01 sec), urmată de faza de contracţie (0,04 sec) şi de faza de relaxare (0,05 sec). Înscrierea miografică are forma unei unde simple. În organism, un exemplu de secuse repetate îl constituie contracţiile musculare din timpul frisonului.

Aplicarea de stimuli electrici repetată cu o frecvenţă foarte mare determină o contracţie musculară persistentă, prin sumarea efectului stimulilor.

Se numeşte *tetanos* (a NU se confunda cu tetanosul ca boală infecţioasă, unde – într-adevăr – apare asemenea tip de contractură!). Înscrierea grafică are forma unui platou. În activităţile curente, această formă de contracţie musculară se întâlneşte cel mai des.

3.1.3.3. EFECTELE MECANICE ALE CONTRACŢIEI MUSCULARE. În ţesutul muscular, energia biochimică potenţială este transformată – sub acţiunea unor fenomene bioelectrice şi a unor procese metabolice – în energie cinetică, rezultând contracţiile musculare care sunt de două feluri:

– **contracţii izotone,** în care muşchiul se scurtează dar tensiunea produsă rămâne constantă, astfel încât se poate efectua un lucru mecanic, se pot executa mişcări diferite etc.;

– **contracţii izometrice**, în care muşchiul NU se scurtează, dar este totuşi activ, are o stare de tensiune crescută, NU efectuează un lucru mecanic şi toată energia produsă se transformă în căldură. Aceste tipuri de contracţii se asociază şi se succedă în timpul activităţii muşchilor.

Acţiunea muşchilor striaţi asupra oaselor poate fi comparată cu a unor forţe aplicate asupra pârghiilor din mecanică.

Pârghiile de gradul I sunt pârghii de echilibru, având punctul de sprijin la mijloc, adică situat între punctul de aplicare a forţei şi punctul de rezistenţă. Un exemplu de asemenea pârghie oferă craniul, unde articulaţia atlanto-occipitală reprezintă punctul de sprijin, aflat între greutatea cutiei craniene (anterior) care reprezintă punctul de rezistenţă şi acţiunea muşchiului trapez, care – inserat pe osul occipital – exercită aplicarea forţei.

Pârghiile de gradul II sunt pârghii de forţă, având la mijloc punctul de rezistenţă. Ele sunt exemplificate prin articulaţia tibio-tarsiană (când ne ridicăm pe vârfuri), unde greutatea corpului este transmisă acestei articulaţii care se află între vârful piciorului (anterior), constituind punctul de sprijin şi inserţia tendonului lui Ahile pe calcaneu (posterior) reprezentând punctul de aplicare a forţei.

Pârghiile de gradul III, cel mai frecvent întâlnite în corp, au la mijloc punctul de aplicare a forţei şi sunt pârghii de viteză, permiţând ca – prin folosirea unei forţe relativ redusă – să se execute deplasări ample ale segmentelor membrelor. Exemplul îl constituie – în mişcarea de ridicare a unor greutăţi cu mâna – muşchiului biceps brahial (punctul de aplicaţie a forţei), situat între greutăţile ridicate cu mâna (anterior) reprezentând punctul de rezistenţă şi articulaţia cotului (posterior) care reprezintă punctul de sprijin (= axul biomecanic al mişcării).

3.1.3.4. EFECTELE TERMICE ALE CONTRACŢIEI MUSCULARE. Marea cantitate de energie absorbită de musculatura striată nu se consumă în totalitate în lucru mecanic, ci numai 50%. Restul se transformă în energie calorică, adică în producerea de căldură. Există căldura de repaus, care exprimă activitatea metabolismului bazal în fibrele musculare, căldura generată de contracţiile musculare (în special cele izometrice) şi căldura de refacere care se degajează în perioada de relaxare după o contracţie, când fibra musculară îşi reface potenţialul energetic.

În mecanismul de termogeneză (producerea de căldură în corp) contracţiile musculare, în special cele izometrice, au un rol-cheie, ca şi frisoanele repetate [→ Cap. 13.4 – TERMOREGLAREA].

3.1.3.5. OBOSEALA MUSCULARĂ. Este datorată acumulării de acid lactic în fibrele musculare, acumulare cu atât mai mare cu cât activitatea a fost mai intensă şi mai prelungită. Totodată scad şi rezervele de ATP, fosfocreatină, glicogen şi glucoză. În apariţia oboselii au o contribuţie şi suprasolicitarea nervoasă precum şi existenţa unor eventuali produşi toxici în mediul ambient. Alternanţa dintre activitate şi perioade de repaus, prin alcătuirea unor programe raţionale de muncă (sau de antrenament sportiv) permite muşchilor striaţi să-şi recapete randamentul.

3.2. ŢESUTUL MUSCULAR NETED
[Smooth muscle]

Musculatura netedă există în toate viscerele, în conductele de legătură din cadrul aparatelor şi sistemelor, în pereţii arterelor, arteriolelor şi ai venelor mari. Ea este formată din fibre musculare fusiforme, lungi de 100-400 μ, late de 2-10 μ, având un singur nucleu central de mari dimensiuni şi un reticul endoplasmic slab dezvoltat. NU există striaţiile transversale descrise la fibrele musculaturii somatice. Miofibrilele conţin proteinele contractile actina şi miozina, dar dispuse într-o formă neorganizată. Există două categorii de muşchi netezi (fig. 3.4):

– **Muşchii netezi viscerali**, care fac parte din peretele organelor cavitare (esofag, stomac, intestin, colecist, uretere, vezică urinară etc.) şi care sunt organizaţi sub formă de sinciţiu (numeroase celule fuzionate, păstrându-se doar punţile intercelulare, cu citoplasma devenită comună). Activitatea acestor muşchi este în mare parte independentă de inervaţia organului, dato-

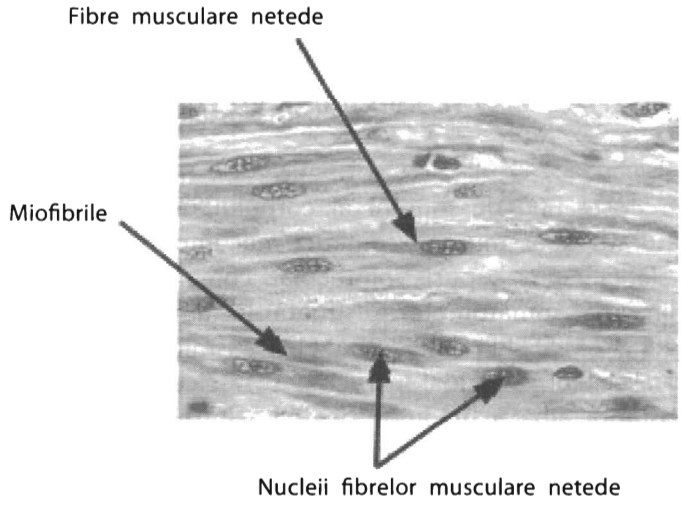


Fig. 3.4. – Structura muşchiului neted.

rită unor plexuri nervoase proprii intramurale. Totuşi inervaţia vegetativă intervine, putând modifica starea de relaxare sau de contracţie. Astfel, pe toată întinderea tubului digestiv, fibrele parasimpatice stimulează contracţia musculaturii longitudinale (favorizând mişcările peristaltice) şi relaxează sfincterele, permiţând trecerea conţinutului din lumen. Invers, fibrele nervoase simpatice relaxează musculatura longitudinală, încetinind peristaltismul şi contractă sfincterele, blocând (temporar) trecerea conţinutului [→ Cap. 4.3 – SISTEMUL NERVOS VEGETATIV]. Contracţia muşchiului neted este mai lentă decât a musculaturii striate, potenţialul de acţiune este mai mic (60 mV), viteza transmiterii impulsului mult mai scăzută (de la câţiva mm/sec la câţiva cm/sec.), perioada de latenţă mai lungă, relaxarea mai lentă. Ca proprietate deosebită, muşchiul neted visceral are plasticitatea, adică îşi poate menţine constantă tensiunea, chiar fiind alungit. Este cazul organelor cavitare cu funcţie temporară de depozitare: stomacul, colecistul, vezica urinară. Acestea îşi pot mări volumul în funcţie de conţinut, dar fără ca presiunea din interior să fie afectată printr-o creştere importantă.

– **Muşchii netezi multiunitari** sunt formaţi din fibre musculare separate, fără punţi intercelulare. Contracţia lor nu se poate deci extinde pe distanţe mari, fiind pe o zonă limitată. Exemplu de muşchi neted multiunitar îl reprezintă muşchiul neted al irisului, cel care are rolul unei diafragme, mărind sau micşorând diametrul pupilei şi care execută o contracţie fină şi gradată, în raport cu nevoile de adaptare a ochiului la lumină sau la întuneric.

3.3. MUȘCHII SCHELETICI (MUSCULATURA SOMATICĂ) *[Skeletal muscles]*

Din cei peste 600 de mușchi ai corpului uman, sunt menționați în tabelele alăturate doar mușchii somatici mai importanți. Toți mușchii somatici (scheletici) sunt supuși voinței, iar comanda pentru mișcările lor pornește din aria somatomotorie situată în ambele emisfere cerebrale [→ Cap. 4.2.8 – EMISFERELE CEREBRALE]. Transmiterea comenzilor se efectuează prin fasciculul piramidal încrucișat și fasciculul piramidal direct, care parcurg substanța albă a măduvei pe toată lungimea ei [→ Cap. 4.2.1 – MĂDUVA SPINĂRII]. Prezentarea mușchilor somatici s-a făcut după regiunea căreia îi aparțin. La inserții sunt specificate oasele de inserție, fără detalii, iar la acțiuni, doar cele principale (fig. 3.5; fig. 3.6).

TABELUL 3.1

Mușchii capului și gâtului

Regiunea	Denumirea mușchiului	Inserții (de la → la)	Acțiune
Fața (mușchi ai mimicii)	Orbicularul pleoapelor (ochiului)	Sfincter periocular inserat pe marginea medială a orbitei → ligamentul palpebral	Închiderea pleoapelor, încrețirea pielii frunții
	Orbicularul gurii	Sfincter peribucal cu inserții pe fibrele mușchilor învecinați	Închiderea gurii, protruzia („țuguierea") buzelor
	Buccinator	Maxila și mandibula → comisura bucală	„Mușchiul zâmbetului"
Regiunea laterală a craniului și a feței	Temporal	Osul temporal → apofiza coronoidă a mandibulei	Masticator
	Maseter	Arcada zigomatică → unghiul și ramul mandibulei	Ridică mandibula (= masticator)
Planșeul bucal	Digastric	Osul temporal → mandibulă	Coboară mandibula
Gâtul, anterior	Pielosul gâtului (platisma)	Mandibulă și pielea feței → pielea umărului și a regiunii toracale superioare	Încrețește pielea gâtului; coboară mandibula
Gâtul, lateral	Sternocleido-mastoidian	Stern și claviculă → apofiza mastoidă	Rotația capului de partea opusă

TABELUL 3.2

Muşchii anteriori ai toracelui

Regiunea	Denumirea muşchiului	Inserţii (de la → la)	Acţiune
Regiunea superioară a toracelui	Scaleni (anterior, mijlociu, posterior)	Apofizele transverse ale unor vertebre cervicale → coastele I şi II	Ridică primele 2 coaste în inspiraţia forţată; flexia laterală a coloanei cervicale
	Pectoralul mare	Claviculă, stern şi primele 6 cartilaje costale → humerus	Adducţia, flexia şi rotaţia internă a braţului; inspiraţia profundă (forţată)
	Pectoralul mic	Coastele III, IV şi V → scapulă	Trage umărul înainte şi în jos; Ridică coastele respective în inspiraţie forţată
Grilajul costal	Intercostalii externi	Marginea inferioară a coastelor → marginea superioară a coastei subiacente	Ridică coastele în inspiraţie
	Intercostalii interni	Marginea superioară a coastelor → marginea inferioară a coastei supraiacente	Coboară coastele în expiraţie

TABELUL 3.3

Muşchii cefei şi ai spatelui

Regiunea	Denumirea muşchiului	Inserţii (de la → la)	Acţiune
Ceafă	Trapez	Apofizele spinoase ale vertebrelor toracale – spina scapulei → osul occipital	Ridică umerii
Regiunea dorso-laterală a toracelui	Dinţatul posterior superior	Apofize spinoase ale unor vertebre cervicale şi toracale → primele 4 coaste	Ridică coastele în inspiraţie
	Dinţatul posterior inferior	Apofize spinoase ale unor vertebre toracale şi lombare → ultimele 4 coaste	Coboară coastele în expiraţie
	Dorsalul mare (latissimus dorsi)	Apofize spinoase ale unor vertebre toracale, lombare şi sacrate, creasta iliacă, coastele inferioare, scapula → humerus	Adducţia şi extensia braţului

TABELUL 3.4

Muşchii peretelui abdominal

Regiunea	Denumirea muşchiului	Inserţii (de la → la)	Acţiune
Regiunea abdominală anterioară	Drepţi abdominali (drept şi stâng situaţi paramedian)	Osul pubis → Apendicele xifoid şi cartilajele unor coaste	Flexia coloanei lombare. Comprimarea organelor abdominale în expiraţia forţată

TABELUL 3.5

Muşchii centurii scapulare şi ai membrelor superioare

Regiunea	Denumirea muşchiului	Inserţii (de la → la)	Acţiune
Umăr	Deltoid	Scapulă şi claviculă → humerus	Abducţia şi flexia braţului
Braţ, faţa anterioară	Biceps brahial	Scapulă → tuberozitatea radiusului	Flexia antebraţului
Braţ, faţa posterioară	Triceps brahial	Scapulă şi humerus → apofiza olecraniană a ulnei	Extensia antebraţului şi a braţului
Antebraţ, faţa anterioară	Brahioradial	Humerus → radius	Flexia antebraţului
	Pronatorul rotund	Humerus şi ulna → radius	Pronaţia şi flexia antebraţului
Antebraţ, faţa posterioară	Extensorul degetelor	Humerus → ultimele 4 degete	Extensia pumnului şi a falangelor

TABELUL 3.6

Muşchii centurii pelvine şi ai membrelor inferioare

Regiunea	Denumirea muşchiului	Inserţii (de la → la)	Acţiune
Centura pelvină	Psoasul mare	Vertebrele lombare → micul trohanter al femurului	Flexia coapsei sau a trunchiului
Fesieră	Marele fesier (gluteul mare)	Osul coxal şi sacrum → femurul	Extensia, abducţia şi rotaţia externă a coapsei
	Micul fesier (gluteul mic)	Osul coxal → trohanterul mare al femurului	Abducţia şi rotaţia internă a coapsei

Coapsă, faţa anterioară	Cvadricepsul coapsei (cvadricepsul femural)	Include muşchii: drept al coapsei, vast intermediar, vast medial, vast lateral → tuberozitatea anterioară a tibiei (tendonul înglobează rotula)	Extensia gambei
	Croitorul (sartorius)	Spina iliacă antero-superioară → tibie	Flexia gambei şi a coapsei

Coapsă, faţa medială	Adductorii (mare, mijlociu, mic)	Pubis şi ischion → femur	Adducţia coapsei
Coapsă, faţa posterioară	Biceps femural	Ischion şi linia aspră a femurului → tibia şi fibula	Flexia gambei

Regiunea poplitee (regiune situată dorsal faţă de articulaţia genunchiului)	Popliteu	Femur → faţa posterioară a tibiei	Flexia şi rotaţia internă a gambei
Gambă, faţa anterioară	Extensorul lung al degetelor	Fibula şi condilul lateral al tibiei → ultimele 4 degete de la picioare	Extensia degetelor de la picioare

Gambă, faţa laterală	Peronier lung	Tibia şi fibula → osul cuneiform medial şi metatarsianul I	Extensia piciorului (planta îndreptată în direcţie posterioară) şi abducţia piciorului
Gambă, faţa posterioară	Gastrocnemian („Gemenii")	Femur şi capsula articulaţiei genunchiului → tendonul calcanean (Ahile)	Flexia gambei; extensia piciorului (adică planta tinde „să privească" dorsal!)
	Muşchiul solear: împreună cu gastrocnemianul formează tricepsul sural şi au tendonul lui Ahile comun.		
	Flexorul lung al degetelor	Tibia → falangele distale ale ultimelor 4 degete de la picioare	Flexia degetelor de la picioare; extensia piciorului

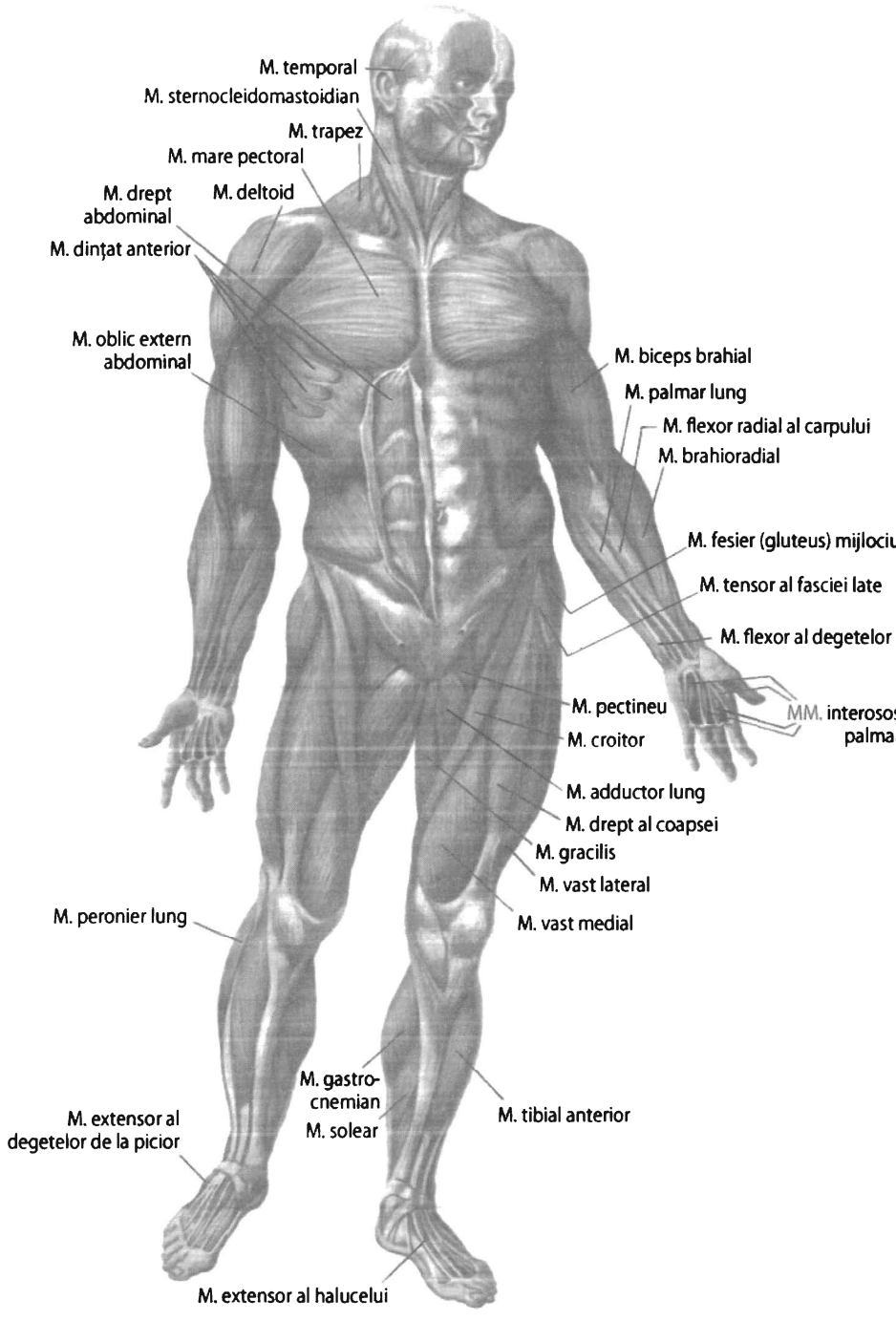


Fig. 3.5 – Principalii mușchi scheletici de pe fața anterioară a corpului.

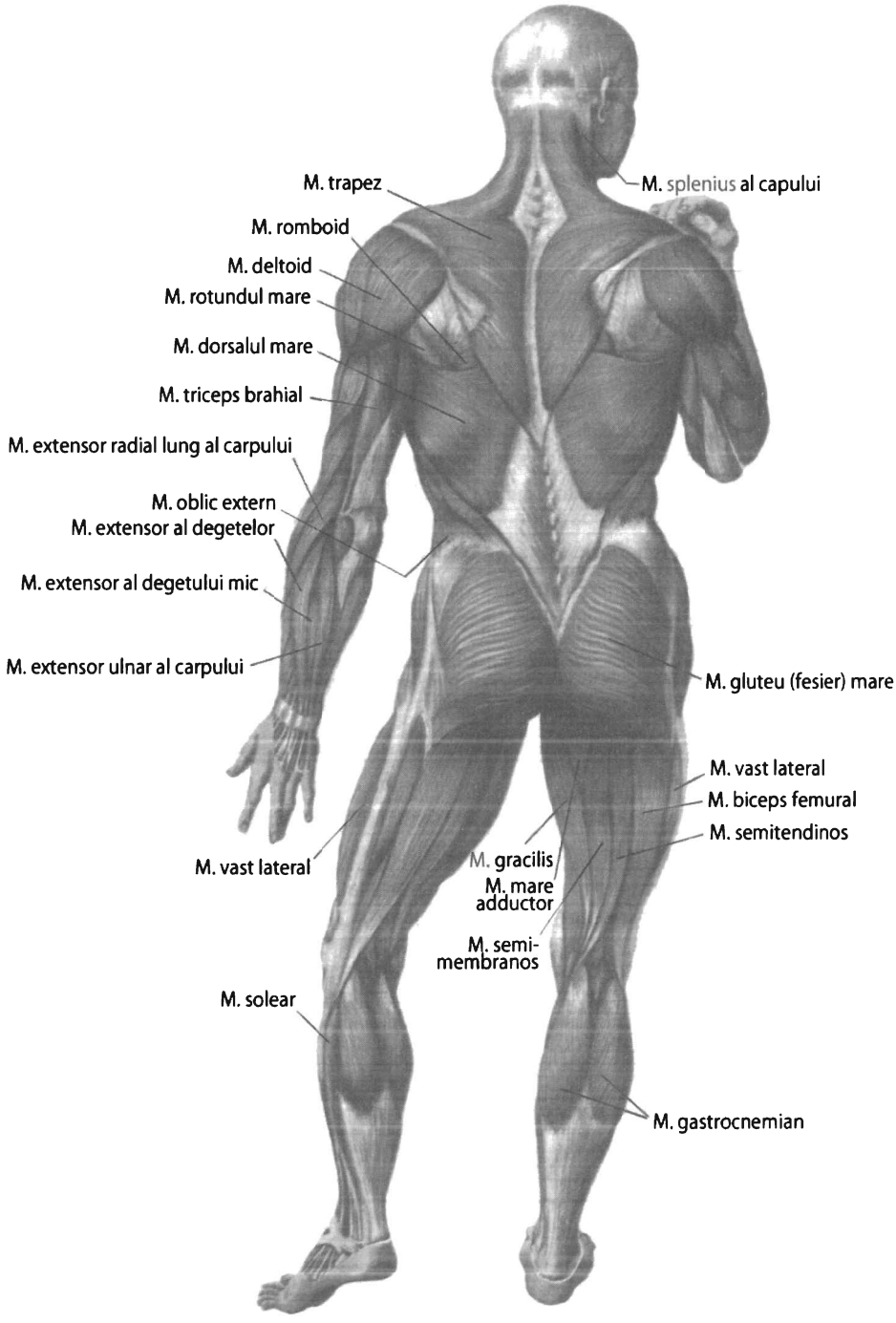


Fig. 3.6 – Principalii mușchi scheletici de pe fața posterioară a corpului.

TABELUL 3.7

Acţiunea muşchilor somatici în mişcările executate de diferite segmente ale corpului

Segmentul	Mişcarea executată	Principalii muşchi care o efectuează
Extremitatea cefalică	Flectarea capului anterior	Drept anterior al capului; drept lateral al capului; m. lung al capului
	Extensia capului (posterior)	Dorsalul lung al capului; drept posterior mare al capului; semispinal al capului; spinal al capului; splenius al capului
	Rotaţia capului	Oblic inferior al capului; sternocleidomastoidian
	Înclinarea laterală a capului	Oblic superior al capului
	Modificările mimicii	Occipito-frontal; ridicătorul buzei superioare şi al aripii nasului
	Închiderea pleoapelor	Orbicularul ochiului
	Închiderea gurii	Orbicularul gurii
	Coborârea mandibulei	Digastric; pielosul gâtului
	Ridicarea mandibulei (masticaţia)	Maseterul; temporalul
	Zâmbetul	Buccinator; rizorius
Trunchiul (coloana vertebrală)	Flectare anterioară	M. mare psoas
	Extensia trunchiului (posterior)	Dorsalul lung al toracelui; mm. interspinoşi; semispinal al toracelui; spinal al toracelui
	Flexia laterală	Dorsalul lung al capului; pătratul lombelor
	Mişcările respiratorii	→ Tabelul 6.3
Braţul	Flexia braţului	Coracobrahial; deltoid; pectoralul mare
	Extensia braţului (posterior)	Deltoid; dorsalul mare; rotundul mare; triceps brahial
	Abducţia	Deltoid; dinţat anterior
	Adducţia	Coracobrahial; dorsalul mare; pectoralul mare; rotundul mare
Antebraţul	Flexia	Biceps brahial; m. brahial; brahioradial;
	Extensia	Triceps brahial
	Pronaţia	Pronator pătrat; pronator rotund
	Supinaţia	Biceps brahial; supinator
Mâna	Flexia	Flexorul radial al carpului; flexorul ulnar al carpului
	Extensia	Extensorul radial lung al carpului; extensorul ulnar al carpului

Degetele mâinii	Flexia	Interosoşii palmari
	Extensia	Extensorul degetelor; interosoşii dorsali ai mâinii
Coapsa	Flexia anterior	Croitor; drept al coapsei; m. iliac; pectineu; psoas mare; psoas mic; tensor al fasciei lata
	Extensia (posterior)	Biceps femural; gluteul mare; semimembranos; semitendinos;
	Abducția	Gluteul mare; gluteul mijlociu; gluteul mic
	Adducția	Gracilis; pătratul coapsei; pectineu
Gamba	Flexia (posterior)	Biceps femural; croitor; gastrocnemian; gracilis; m. plantar subțire; popliteu; semimembranos; semitendinos
	Extensia (anterior)	Cvadricepsul coapsei (= m. drept al coapsei + vastul medial + vastul intermediar + vastul lateral)
	Rotația laterală	Biceps femural
Piciorul	Flexia (anterior)	Flexorul lung al degetelor; peronier anterior; tibial anterior
	Extensia plantară (posterior)	Gastrocnemian; peronierul lung; m. plantar subțire; solear; tibial posterior

Acțiunea muşchilor în ciclul mişcărilor respiratorii → Tabelul 6.3. [Cap. 6 – APARATUL RESPIRATOR].

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA SISTEMULUI MUSCULAR SCHELETIC *[Application to the pathology of skeletal muscles]*

Myasthenia gravis este o boală în care apar anticorpi îndreptaţi împotriva receptorilor situaţi în placa motorie terminală din muşchi (= sinapsa de la joncţiunea neuromusculară). Aceşti receptori, în mod normal, sunt activaţi prin neurotransmiţătorul din sinapsă care este acetilcolina. Prin blocarea receptorilor de către anticorpi, contracţia musculară devine foarte dificilă şi poate ajunge să fie total împiedicată. Boala se caracterizează prin astenie extremă, dificultăţi tot mai mari la eforturi, căderea pleoapelor chiar în perioadele de veghe, tulburări de deglutiţie (înghiţire), tulburări în articularea cuvintelor (disartrie) şi – în final – tulburări respiratorii.

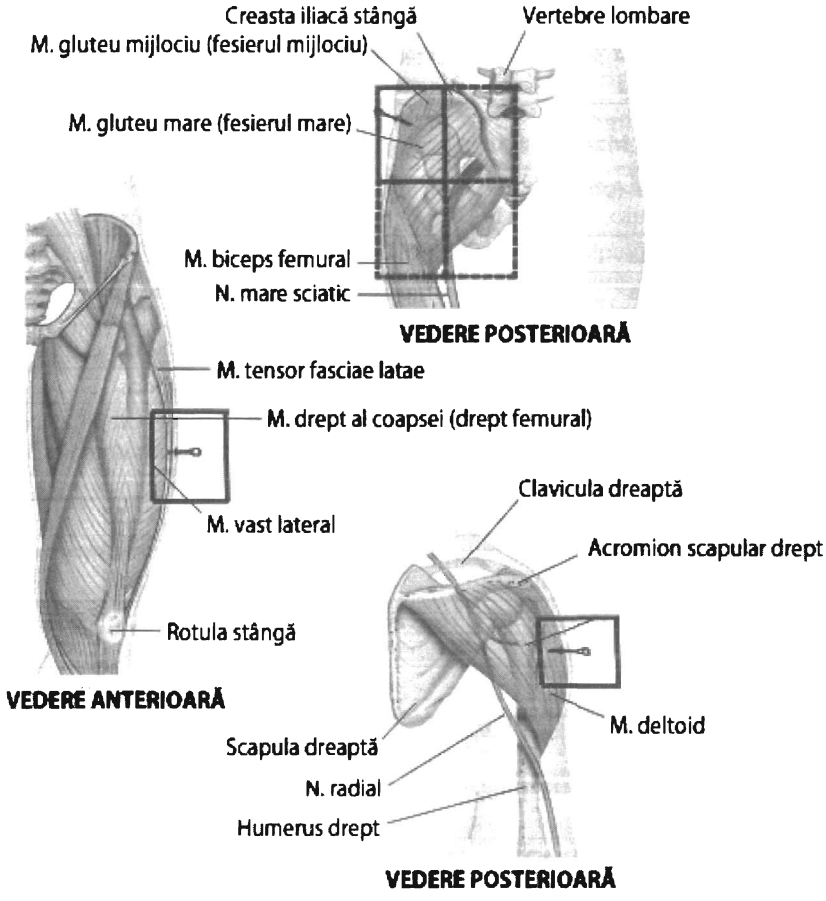


Fig. 3.7 – Locurile (site-uri) indicate pentru injecţiile intramusculare.

4. SISTEMUL NERVOS
[THE NERVOUS SYSTEM]

DEFINIȚII ȘI EXPLICAȚII

- *Aferent = centripet* = care se îndreaptă de la periferie către un centru sau care vine către un organ căruia îi este destinat [→ noțiunea opusă: eferent].
- *Anastomoză* = (în sensul fibrelor nervoase) comunicarea naturală sau artificială (prin act chirurgical) dintre două sau mai multe fibre sau fascicule nervoase, astfel încât permite trecerea neîntreruptă a influxului nervos.
- *Ariile numerotate ale scoarței cerebrale* = un fel de hartă a scoarței, cuprinzând 52 de arii (câmpuri), unde fiecare arie corticală a primit un număr de ordine în funcție de morfologia sa. În prezent, această numerotare este mai rar utilizată.
- *Celulă-stem* = celulă tânără nediferențiată și pluripotentă care, prin diviziune, poate da naștere la celule-fiice distincte. Acestea, la rândul lor, pot suferi o diferențiere terminală, realizând diferite tipuri de celule adulte.
- *Circumvoluție (circumvoluțiune) = girus* = fâșie alungită la suprafața scoarței cerebrale, delimitată prin șanțuri secundare și găzduind centrul unei funcții nervoase.
- *Contiguitate* = contact între două formațiuni, fără a exista continuitate între ele.
- *Controlateral* = în jumătatea opusă a corpului (dreaptă sau stângă) [→ noțiunea opusă: homolateral].
- *Convulsii* = contracturi musculare involuntare, tonice și/sau clonice, însoțite cel mai adesea de pierderea conștienței și survenind sub formă de crize.
- *Cronaxie* = timpul minim necesar pentru ca un curent electric, având de două ori intensitatea [→] reobazei, să producă o excitație.

- *Depolarizare* = modificarea, sub influenţa unui stimul din exterior, a sarcinilor electrice de pe suprafaţa membranei celulare. Ea este urmarea pătrunderii unor ioni de Na^+ din exteriorul celulei în interiorul acesteia, cu ieşirea concomitentă din celulă a ionilor de K, ceea ce realizează un curent de acţiune. Producerea influxului nervos are loc în urma unui fenomen de depolarizare [→ şi repolarizare].
- *Deutoneuron* = al doilea neuron din lanţul care formează o cale aferentă (exprimare simbolică; de fapt, sunt sute sau mii de neuroni care ocupă această poziţie) [a se vedea şi → protoneuron]).
- *Eferent* = centrifug = care se îndreaptă de la un centru spre periferie [→ noţiunea opusă: aferent].
- *Excitaţie* = răspunsul celulei vii la un stimul (mecanic, chimic, electric, luminos, sonor etc.).
- *Fibră* = structură elementară de tip filamentos.
- *Filogenetic* = aspect legat de dezvoltarea diferitelor organe şi sisteme la specii, în cursul evoluţiei lor pe scara zoologică.
- *Girus* → *Circumvoluţie.*
- *Gradient* = diferenţa de presiune (sau de concentraţie sau de tensiune electrică) între două teritorii alăturate (două soluţii) – separate sau nu printr-o membrană – ale aceluiaşi sistem.
- *Haemophilus influenzae* = bacil gram-negativ scurt, agentul etiologic al unor forme de pneumonie, al epiglotitei, al unei meningite purulente etc.
- *Homolateral* = în aceeaşi jumătate a corpului (dreaptă sau stângă) (noţiunea opusă: controlateral).
- *Inhibiţie* = diminuarea sau suspendarea funcţiei unui organ, ca urmare a unor impulsuri venite prin conexiunile nervoase (reprezintă opusul excitaţiei).
- *Meningococ* = *Neisseria meningitidis* = diplococ gram-negativ, agentul etiologic (cauzal) al meningitei cerebro-spinale epidemice.
- *Metamerie* = corespondenţa dintre o fâşie de suprafaţă cutanată orizontală şi un anumit segment medular. Încrucişare metamerică a unor fascicule = încrucişare la fiecare segment medular corespunzând unui metamer.
- *Neurotransmiţători* = mediatori chimici care transmit influxul nervos de la un neuron spre următorul la nivelul sinapsei. Ei sunt stocaţi în butonii terminali de la capătul ramificaţiilor terminale axonice. Cei mai importanţi: acetilcolina, noradrenalina, dopamina.
- *Nevrax* = *axul cerebrospinal* = sistemul nervos central adăpostit în cutia craniană şi în canalul rahidian.

- *Noradrenalina* = hormon natural secretat de glandele medulosuprarenale care este şi neurotransmiţător (mediator chimic) în sinapsele postganglionare ale sistemului nervos simpatic (sinapse adrenergice).
- *Potenţial de acţiune* = fenomen electrofiziologic prin care membrana celulară, sub acţiunea unui stimul excitant din exterior, trece de la un potenţial de aproximativ – 70 mV la cca +30 mV, realizând deci o amplitudine de cca 100 mV. Această modificare, de foarte scurtă durată, are loc datorită unui schimb ionic. Potenţialul de acţiune exprimă, de fapt, diferenţa de tensiune electrică dintre zona excitată şi zona neexcitată a celulei, a fibrei sau a ţesutului.
- *Potenţial de membrană* = diferenţa de tensiune electrică între interiorul şi exteriorul celulei (= -40 → -80 mV).
- *Potenţial de repaus* = tensiunea electrică a unei celule în stare de inactivitate temporară.
- *Protoneuron* = primul neuron din lanţul care formează o cale aferentă (este o exprimare simbolică; de fapt, sunt mii de neuroni care ocupă această poziţie).
- *Reobază* = intensitatea minimă a unui curent electric, necesară pentru a produce o excitaţie.
- *Repolarizare* = fenomen care succedă depolarizării şi care constă în revenirea la potenţialul electric din starea de repaus.
- *Serotonina* = amină biogenă prezentă în numeroase organe, care are – printre alte funcţii – şi rol de neurotransmiţător (mediator chimic) în unele sinapse din sistemul nervos central.
- *Sinapsă* = zona şi structura de contact dintre doi neuroni sau dintre fibrele motorii şi organul efector asupra căruia acţionează (ex.: placa motorie terminală din muşchi) sau dintre celulele specializate senzitive ori senzoriale şi fibrele senzitive (aferente) care preiau influxul nervos creat.
- *Stafilococ* = coc gram-pozitiv, agentul etiologic a numeroase infecţii: cutanate (furunculul); pleurale şi pulmonare (stafilococia pleuropulmonară); osoase (osteomielita); articulare (artrită supurată); meningeale (meningita purulentă stafilococică) etc.
- *Streptococcus pneumoniae* = *pneumococ* = coc gram-pozitiv, agentul etiologic al pneumoniei, al bronhopneumoniei, al otitei medii supurate, al meningitei purulente pneumococice etc.
- *Tromboză* = formarea unui cheag de sânge în interiorul unui vas de sânge (sau în inimă), care este aderent de peretele vasului şi obstrucează (blochează, împiedică) parţial sau total circulaţia sanguină prin acel vas.

Sistemul nervos este alcătuit din totalitatea *organelor* în constituția cărora intră în mod predominant țesutul **nervos.** El stabilește relațiile dintre organism și mediul înconjurător, realizând unitatea organism-mediu, și coordonează activitatea organelor interne.

Sistemul nervos central este continuu informat prin stimulii recepționați din afara și din interiorul organismului, ceea ce face posibilă integrarea organismului în mediul înconjurător și menținerea constantă a mediului intern (homeostazia).

Datorită receptorilor, mediul intern și cel extern se proiectează prin intermediul căilor ascendente (căile sensibilității și căile senzoriale) pe scoarța cerebrală, care reprezintă organul central de integrare. Aceasta analizează și sintetizează informațiile primite și elaborează comenzi care determină deplasarea corpului, prin mișcare *(funcția de relație)* sau coordonează diferite activități metabolice *(funcția vegetativă).*

Receptorii sunt clasificați în trei categorii:

– *exteroreceptori,* care culeg din mediul extern stimuli termici, dureroși, tactili, olfactivi, gustativi, vizuali, auditivi;

– *proprioreceptori,* care culeg stimuli de la tendoane, mușchi, articulații, periost, ligamente;

– *interoreceptori* (viscероreceptori), care culeg stimuli de la nivelul organelor interne (viscere).

Din punct de vedere structural, sistemul nervos este un tot unitar, dar după funcțiile sale mai importante poate fi împărțit în:

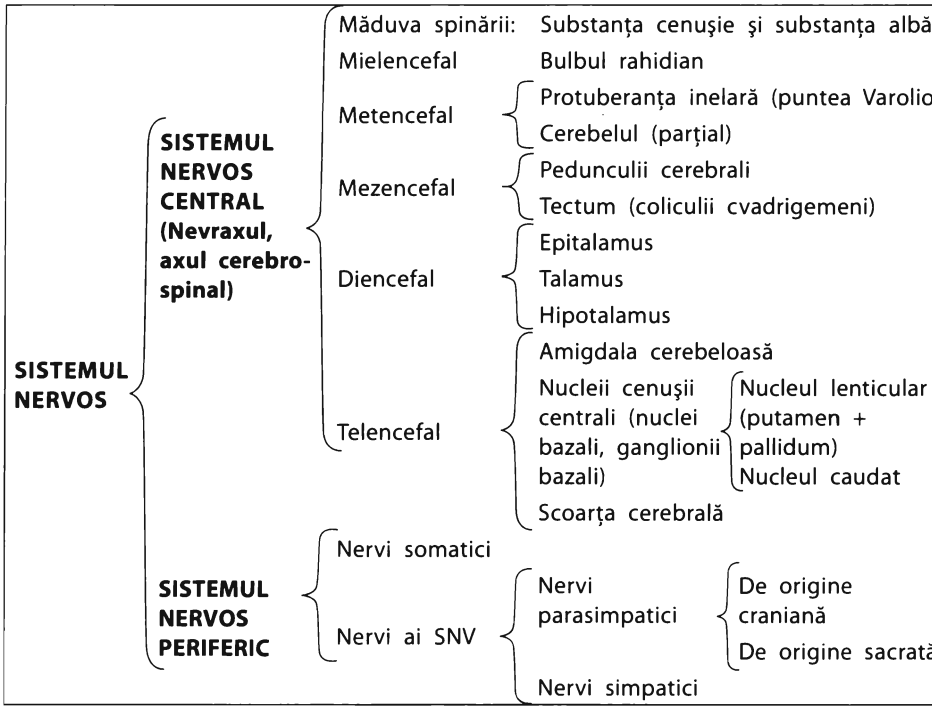
– **sistemul nervos al vieții de relație** (sistem nervos somatic), care face legătura între organism și mediul extern. El este format din *sistemul nervos central* – S.N.C. (măduva spinării și encefal) și din *sistemul nervos periferic* (nervii spinali, nervii cranieni și ganglionii de pe traiectul lor);

– **sistemul nervos al vieții vegetative** care coordonează activitatea organelor interne, este format din *sistemul nervos simpatic* și *sistemul parasimpatic.* Ambele sisteme au o porțiune centrală *(centri vegetativi)* situată în sistemul nervos central și o porțiune periferică care este reprezentată de ganglioni și nervi vegetativi.

În viața embrionară, în interiorul craniului, din tubul neural se dezvoltă 5 vezicule, în ordine caudo-cranială ele fiind denumite: mielencefal, metencefal, mezencefal, diencefal și telencefal. Aceste vezicule constituie originea principalelor segmente intracraniene ale nevraxului, care vor apărea ulterior, odată cu definitivarea procesului de dezvoltare [→ Tabelul 4.1].

TABELUL 4.1

Structura generală a sistemului nervos



4.1. CELULE ŞI FIBRE NERVOASE
[Nervous cells and fibers]

În țesutul nervos există două tipuri de celule, cu morfologie și funcții diferite: neuronii și celulele gliale.

4.1.1. NEURONUL *[The neuron]*

Unitatea morfofuncțională elementară a sistemului nervos este **neuronul**. Neuronii al căror corp celular este localizat în măduva spinării sau în encefal formează *centrii nervoși,* iar cei localizați în afara acestor organe nervoase centrale formează *ganglionii nervoși.* Prelungirile neuronilor aflate în interiorul S.N.C. formează fascicule, iar cele din afara S.N.C. alcătuiesc nervii

periferici. Neuronii au forme variate: piramidală (în aria somatomotorie din girusul precentral al lobului frontal); stelată (în coarnele anterioare ale măduvei spinării); rotundă (în ganglionii spinali de pe rădăcina posterioară a nervilor spinali), ovalară etc. Un neuron este alcătuit din corpul celular şi prelungirile neuronale (fig. 4.1).

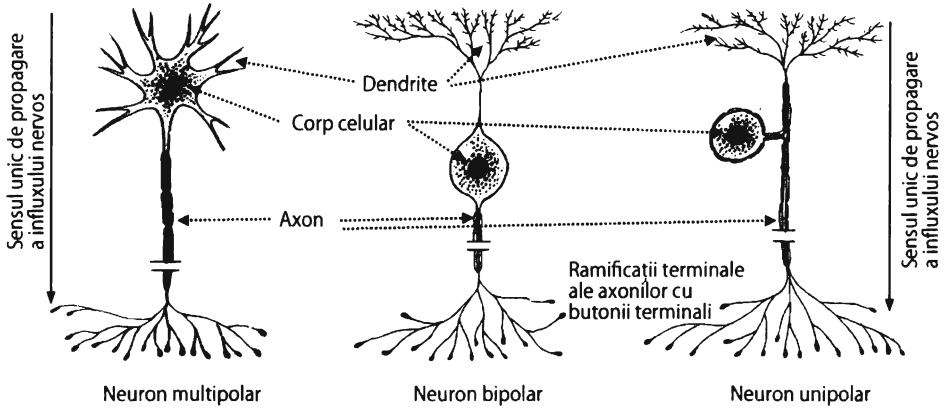


Fig. 4.1 – Diferite tipuri de neuroni.

• **CORPUL CELULAR** ***[The cell body]*** cuprinde:

~ **Citoplasma (neuroplasma)**, conţinând:

– **organitele celulare comune** [→ Cap. 1.2 – CELULA], cu excepţia centrozomului, care NU există la neuroni;

– **organite celulare specifice,** reprezentate prin *corpusculii Nissl* – formaţi din reticul endoplasmic rugos, unde se desfăşoară sinteza proteinelor din neuron; şi prin *neurofibrile* care constituie o reţea omogenă de fibre traversând neuroplasma şi având rol de susţinere precum şi în transportul substanţelor.

~ **Nucleul**, situat în centrul neuronului, având unul sau mai mulţi nucleoli.

~ **Membrana celulară** denumită **neurilemă** cu o structură lipoproteică.

Totalitatea corpilor celulari alcătuiesc substanţa cenuşie din scoarţa cerebrală, din centrii subcorticali, din măduva spinării, din ganglionii nervoşi somatici care sunt situaţi în afara axului cerebrospinal şi din ganglionii vegetativi.

• **PRELUNGIRILE NEURONALE** ***[Extensions of the neuron]*** permit o clasificare morfologică a neuronilor. Există neuroni unipolari; neuroni pseudounipolari (în ganglionii spinali de pe rădăcina posterioară – senzitivă –

a nervilor spinali), neuroni bipolari (în stratul al şaselea al retinei), neuroni multipolari (motoneuronii din coarnele anterioare ale măduvei spinării). Aceste prelungiri sunt reprezentate prin:

~ **Dendrite**, care apar ca o arborizaţie ramificată şi conţin neurofibrile. Influxul nervos circulă cu sens unic prin dendrite, în direcţia corpului celular (sens centripet).

~ **Axonul** este o prelungire unică, putând ajunge la peste 1 m lungime, cuprinzând:

- **axoplasma,** care este o continuare a neuroplasmei;
- **neurofibrile** în continuarea celor din corpul celular;
- **mitocondrii şi lizozomi**;
- **axolema,** membrană învelitoare, continuare a neurilemei;
- **ramificaţii** în porţiunea terminală, având la capăt butoni terminali.

Aceste ramificaţii sunt libere, nefiind acoperite de tecile care îmbracă axonul. Butonii terminali prezintă o deosebită importanţă în transmiterea influxului nervos de la un neuron la altul deoarece conţin vezicule unde se află mediatorii chimici (neurotransmiţătorii: acetilcolina, noradrenalina sau dopamina) prin care se asigură conducerea influxului nervos la nivelul sinapselor interneuronale.

~ **Învelişurile suplimentare ale axonului** sunt reprezentate prin:

- **Teaca Schwann**, formată din numeroase celule gliale, care înconjoară axonul pe toată lungimea lui, exceptând ramificaţiile terminale. Între două celule ale tecii Schwann apar mici discontinuităţi (nodurile sau strangulările Ranvier) unde se observă şi „ramuri" ale axonului care fac anastomoze cu alţi neuroni.

- **Teaca de mielină** (substanţă de natură lipoproteică secretată de celulele gliale) situată sub teaca Schwann, este prezentă numai la unii neuroni. Axonii de acest tip formează fibre nervoase mielinice. De notat că teaca de mielină se întrerupe la nivelul fiecărei strangulări (nod) Ranvier. Alţi neuroni (neuronii din ganglionii simpatici) au axoni fără teacă de mielină, formând fibre nervoase amielinice.

- **Teaca Henle,** situată desupra celorlalte, este formată din celule şi fibre de tip conjunctiv având rol de protecţie şi rol nutritiv. Ea se întinde de-a lungul axonului, dar NU acoperă ramificaţiile terminale ale acestuia.

Axonii, dispuşi în mănunchiuri şi acoperiţi de o teacă de ţesut conjunctiv, formează nervii periferici. De notat că influxul nervos se transmite de-a lungul axonului în sens unic, centrifug (celulifug) (fig. 4.2).

• **FIZIOLOGIA NEURONULUI**

Neuronul are două proprietăţi fundamentale: excitabilitatea şi conductibilitatea.

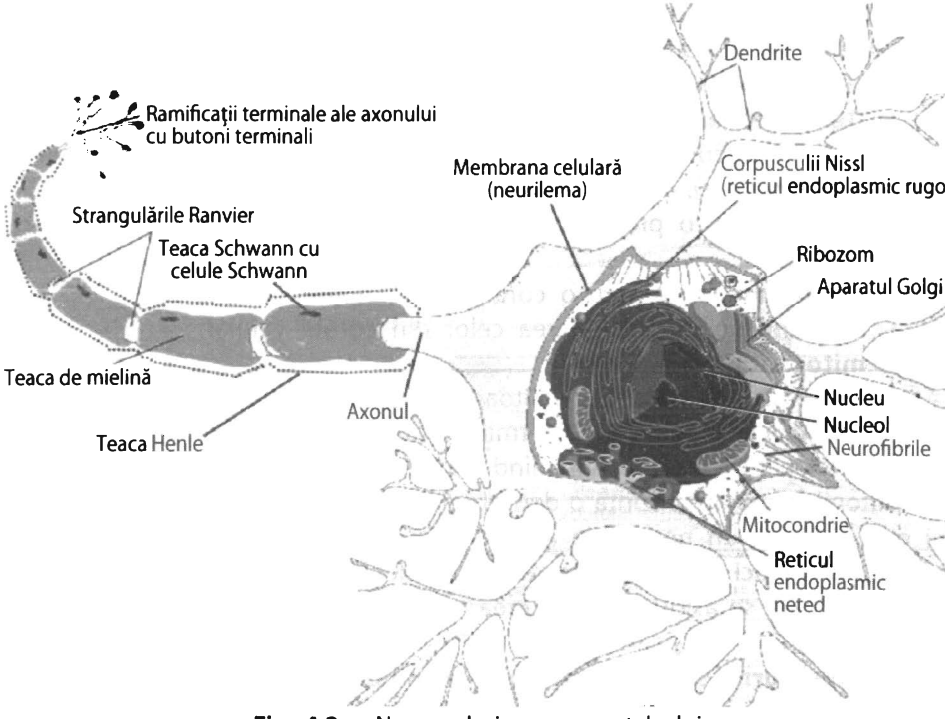


Fig. 4.2 – Neuronul și componentele lui.

~ **EXCITABILITATEA** este proprietatea neuronului de a răspunde la stimuli. Stimulul sau agentul stimulator poate fi orice variație energetică din mediul înconjurător (luminoasă, termică, electrică, mecanică, chimică etc.). Răspunsul la stimul constă în numerose manifestări, între care mai bine exprimată și cunoscută este cea electrică. La baza excitabilității nervoase se află proprietățile speciale ale membranei neuronului. În repaus, membrana este încărcată cu sarcini pozitive la exterior și negative la interior. Între cele două fețe ale membranei se constată o diferență de potențial (de –90 mV), numită *potențial de repaus*. În timpul excitației, polarizarea membranei se inversează, ea devine pozitivă la interior și negativă la exterior. Pentru scurt timp (o miime de secundă), apare o nouă diferență de potențial între interiorul și exteriorul membranei numită *potențial de acțiune,* cu o valoare de +30 mV. După 1-2 milisecunde, celula își reface potențialul de repaus. Trecerea de la potențialul de repaus la cel de acțiune se numește *depolarizare,* iar revenirea de la potențialul de acțiune la cel de repaus, *repolarizare.*

Potențialul de acțiune reprezintă manifestarea electrică a excitației neuronului. Depolarizarea membranei nu se face instantaneu pe întreg neuronul. Mai întâi se negativează exteriorul membranei la locul de acțiune

al excitantului, apoi aria negativă se extinde rapid, din aproape în aproape, invadând tot corpul celular şi prelungirile acestuia.

Parametrii excitabilităţii. Pentru a produce un răspuns din partea neuronului, excitantul trebuie să fie suficient de intens, să dureze un anumit timp şi să acţioneze suficient de brusc.

Intensitatea minimă necesară excitantului pentru a produce un răspuns se numeşte *valoare-prag* sau *prag de excitabilitate*. Cu cât un ţesut este mai excitabil, cu atât valoarea-prag este mai coborâtă şi invers. În studiul excitabilităţii se foloseşte mai ales curentul electric şi, de aceea, pragul de excitabilitate se mai numeşte *reobază*. Reobaza este intensitatea minimă a curentului electric, care acţionează un timp suficient de lung asupra unui ţesut şi produce excitaţia acestuia. S-a constatat experimental că, prin reducerea sub o anumită valoare a duratei curentului reobazic, acesta nu mai produce excitaţia ţesutului. Pentru a obţine un răspuns la stimuli electrici cu durată foarte scurtă, este necesară creşterea progresivă a intensităţii stimulului. Există deci o corelaţie intensitate-durată, caracteristică fiecărui ţesut excitabil.

Un al doilea parametru al excitabilităţii este *cronaxia*. Prin cronaxie se înţelege timpul minim necesar unui curent electric, cu intensitate egală cu dublul reobazei, pentru a produce o excitaţie. Reobaza şi cronaxia sunt principalii parametri după care se apreciază excitabilitatea normală sau patologică a unui ţesut. Determinarea lor are importanţă în clinica de neurologie şi în cercetarea ştiinţifică.

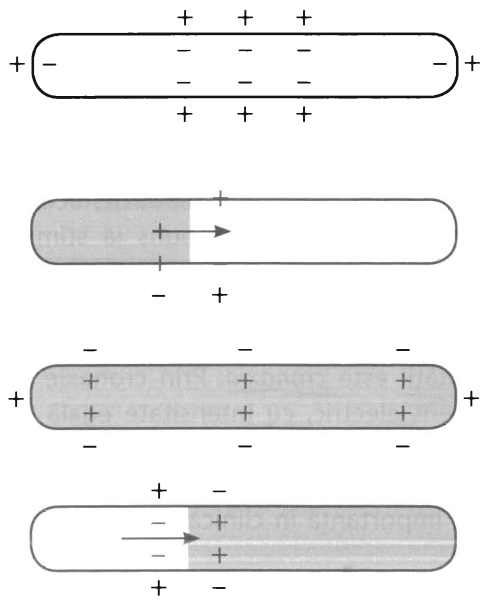
Al treilea parametru al excitabilităţii este *bruscheţea cu care stimulul atinge valoarea-prag*. Dacă intensitatea unui stimul creşte progresiv şi lent, se pot atinge valori foarte mari, fară să excite propriu-zis ţesutul. Este ca şi cum acesta din urmă s-ar adapta progresiv la acţiunea excitantului, crescându-şi pragul paralel cu creşterea intensităţii stimulului.

Legea „tot sau nimic". Un axon sau o dendrită nu răspunde la stimuli cu intensităţi sub valoarea-prag şi dă potenţiale de acţiune cu amplitudine maximă când excitantul a atins pragul. Amplitudinea răspunsului nu mai creşte oricât am mări intensitatea excitantului. Diferenţierea între stimulii slabi şi cei puternici se face prin variaţia frecvenţei potenţialelor de acţiune.

Starea refractară. În timpul depolarizării, membrana devine inexcitabilă şi este refractară la stimuli. După repolarizare, excitabilitatea membranei revine la normal.

~ **CONDUCTIBILITATEA** este proprietatea neuronului de a propaga potenţialul de acţiune în lungul prelungirilor sale. Potenţialul de acţiune al neuronilor se mai numeşte şi *influx nervos*. Influxul nervos (impulsul nervos) este forma de energie produsă de neuron sub efectul unui stimul exterior şi care se propagă mai departe – sub forma undei de depolarizare

transmisă de-a lungul membranei axonului și respectând sensul unic – spre alți neuroni sau spre un organ efector. În organism, datorită înlănțuirii sinaptice dintre neuroni și datorită conexiunilor dintre terminația dendritică și receptor, sensul de propagare al influxului nervos este unic, de la receptor la dendrită, apoi *celulipet pe dendrită* până la corpul celular și, de aici, *celulifug pe axon* până la sinapsa următoare (fig. 4.3).



Faza de repaus: cationii de Na se află pe suprafața membranei celulare care are o polaritate bine definită cu sarcinile electrice pozitive pe fața externă și cele negative pe fața internă.

Începe depolarizarea membranei celulare: cationii pătrund în celulă, în timp ce anionii ies în exterior, la suprafața membranei.

Membrana celulară, complet depolarizată, are la exterior numai anioni, cationii de Na aflându-se acum doar pe fața internă a ei.

Începe repolarizarea membranei, cationii de Na reluându-și treptat locul la suprafața acesteia.

Fig. 4.3 – Succesiunea fenomenelor electrice la nivelul membranei celulare constituie substratul propagării influxului nervos.

O altă caracteristică este conducerea izolată a influxului nervos. Fiecare axon sau dendrită conduce propriul său potențial de acțiune. Există totuși un grad de influențare reciprocă între fibrele nervoase, tradus prin variația temporară a pragului de excitabilitate a acestora, provocată de propagarea influxului nervos pe fibra vecină.

În cazul unor leziuni ale tecilor ce învelesc axonii și dendritele, influxul nervos poate trece de pe o fibră pe alta la locul unde acestea vin în contact, fără participarea mediatorilor chimici. Aceasta este *conducerea efaptică* sau *prin atingere* (***Atenție***, este o situație anormală!).

Viteza de propagare a influxului nervos variază între 1 m si 120 m/sec. Fibrele subțiri și amielinice conduc cu viteze mici, iar fibrele mai groase, prevăzute cu teacă de mielină, conduc mult mai rapid. La fibrele amielinice propagarea influxului nervos se face punct cu punct, prin răspândirea ariei

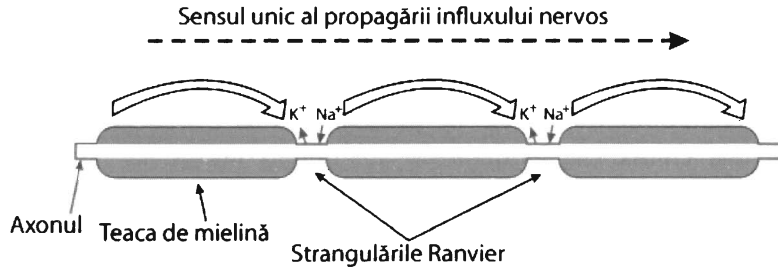


Fig. 4.4 – Propagarea influxului nervos prin fibrele nervoase mielinice are un caracter saltatoriu, repolarizarea putându-se face numai la nivelul nodurilor Ranvier, unde teaca de mielină are o scurtă întrerupere. La procesul de repolarizare intervine şi cationul potasiu, ieşind în afara membranei axonului (axolemei).

de electronegativitate, în timp ce la fibrele mielinice, conducerea se face saltatoriu, de la un nod Ranvier la celălalt deoarece mielina este rău conducătoare de electricitate. Mai precis, în conducerea saltatorie a influxului nervos, se produce o inversare a polarizării între două noduri Ranvier succesive. Această diferență de potențial membranar depolarizează membrana la nodul Ranvier următor, provocând deschiderea canalelor de Na (fig. 4.4). Viteza de propagare în fibrele nervoase mielinice ajunge astfel la peste 100 m/secundă. Frigul și anestezicele diminuează viteza, putând chiar bloca transmiterea influxului nervos, în timp ce căldura o facilitează.

– **Atenție,** neuronul NU are proprietatea de a se divide deoarece NU are centrozom (centrul celular). Cu câți neuroni se naște o persoană, cu atâția rămâne toată viața. Este o particularitate care îl deosebeşte de toate celelalte celule. În caz de leziuni ale sistemului nervos cu distrugeri de neuroni, aceştia nu se mai refac.

- **FIZIOLOGIA SINAPSEI**

Legăturile (de contiguitate) dintre neuroni se numesc ***sinapse***. O sinapsă poate fi formată din terminația unui axon și o parte din membrana corpului celular (sinapse axosomatice) sau din terminația axonului și o parte din dendritele neuronului următor (sinapse axodendritice). Tot un tip de sinapsă este şi placa motorie terminală din muşchi (joncțiunea neuromusculară).

Sinapsa este o formațiune microscopică alcătuită din trei componente: o membrană presinaptică, un spațiu sinaptic și o membrană postsinaptică.

Membrana presinaptică este o parte a membranei butonului terminal al axonului. La nivelul ei se eliberează mediatorul chimic conținut în veziculele sinaptice din butonul terminal.

Spațiul sinaptic care separă membrana presinaptică de cea postsinaptică; este umplut cu lichid extracelular.

Membrana postsinaptică este o parte a membranei corpului celular sau a dendritei neuronului următor. Are proprietatea de a fi inexcitabilă electric, dar excitabilă chimic (fig. 4.5).

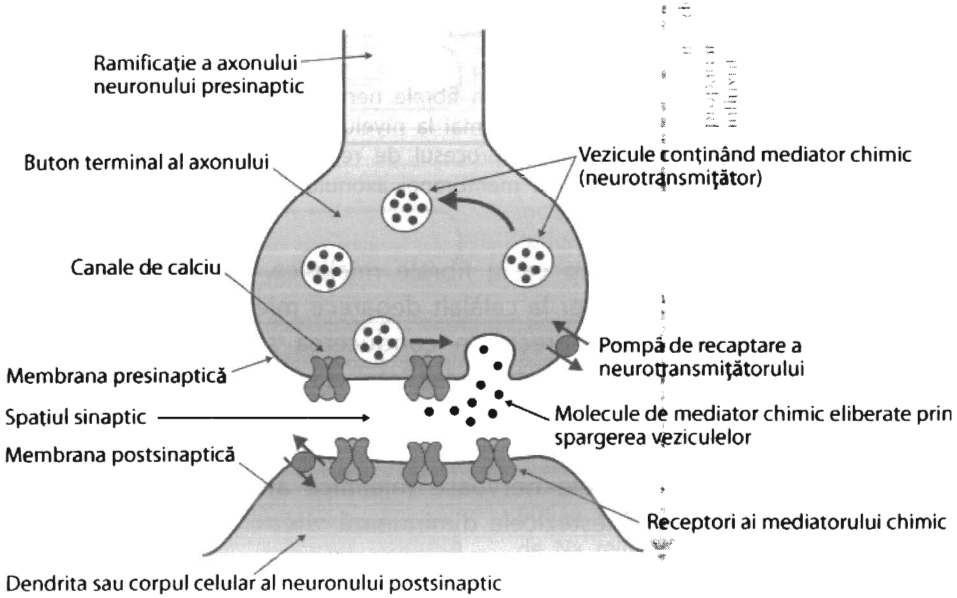


Fig. 4.5 – Sinapsă interneuronală.

Transmiterea sinaptică. Potențialul de acțiune nu poate „sări" de pe un neuron pe celălalt, ci se oprește la nivelul butonului terminal al axonului. Aici el determină spargerea veziculelor sinaptice și eliberarea mediatorului chimic care difuzează prin spațiul sinaptic spre membrana postsinaptică pe care o excită. În urma interacțiunii mediator – membrană postsinaptică, aceasta se depolarizează, dând naștere unor potențiale de acțiune identice ca amplitudine și frecvență cu cele sosite la butonul terminal. Aceste noi potențiale de acțiune se propagă mai departe în prelungirile neuronului până la sinapsa următoare ș.a.m.d. Transmiterea prin sinapse se face într-un singur sens, cu ajutorul mediatorilor chimici. Principalii mediatori chimici sunt *acetilcolina,* pentru sistemul nervos somatic, sistemul nervos vegetativ parasimpatic și fibrele preganglionare din sistemul vegetativ simpatic și *noradrenalina,* pentru fibrele postganglionare din sistemul nervos vegetativ simpatic. În unele sinapse din centrii nervoși superiori acționează ca mediatori chimici dopamina și serotonina.

Un neuron poate avea sute sau mii de contacte sinaptice. În afara sinapselor interneuronale, există şi sinapse dintre fibra nervoasă şi organul efector (exemplu, placa motorie terminală din muşchi), precum şi sinapse între celulele senzitive ale receptorilor şi fibra nervoasă senzitivă.

De notat că axonii neuronilor presinaptici pot face sinapsă cu mai mulţi neuroni postsinaptici, datorită ramificaţiilor terminale multiple, iar fiecare neuron postsinaptic poate primi, la rândul lui, influx nervos de la mai mulţi neuroni presinaptici datorită bogatelor ramificaţii ale dendritelor.

4.1.2. CELULELE GLIALE *[The neuroglia]*

Celulele gliale (nevrogliile) sunt de 10 ori mai numeroase decât neuronii, având o formă în general stelată şi cu ramificaţii bogate. Ele sunt răspândite în tot ţesutul nervos, printre neuroni. Au următoarele funcţii (total diferite de ale neuronilor!): de susţinere; de protecţie a centrilor nervoşi; de troficitate, – făcând legătura între neuroni şi vasele capilare –; de sinteză a mielinei care înconjoară axonii; de fagocitare a resturilor de neuroni distruşi, a produşilor de dezintegrare, a mielinei şi a pigmenţilor (funcţie care le apropie de activitatea sistemului reticulo-endotelial); nevrogliile ocupă spaţiul rămas liber în locul neuronilor distruşi, astfel încât volumul sistemului nervos să rămână constant odată cu înaintarea în vârstă. Au capacitatea de a se divide, comportându-se deci ca majoritatea celulelor din organism (fig. 4.6).

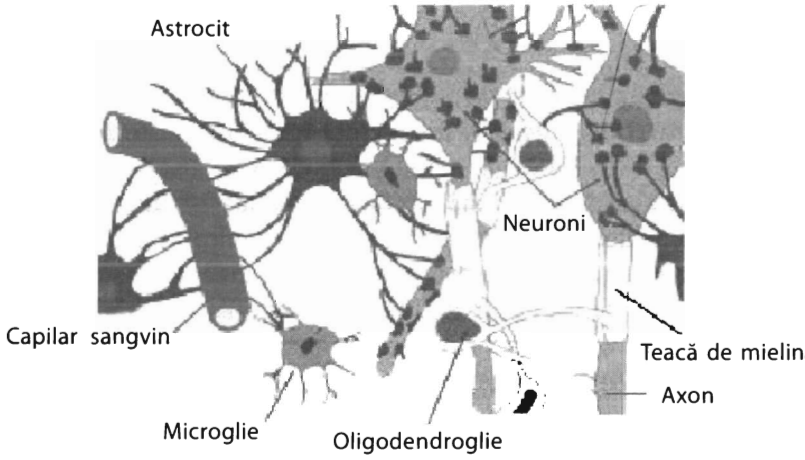


Fig. 4.6 – Diferite tipuri de nevroglii.

4.1.3. FIBRELE NERVOASE *[Nervous fibers]*

Un nerv este alcătuit din fibre care sunt de fapt dendrite sau axoni ale unor neuroni. Lungimea nervilor este diferită, dar poate ajunge până la 1 m şi chiar mai mult (ex. n. mare sciatic). În aceeaşi teacă a unui nerv se găsesc atât fibre senzitive (care conduc influxul nervos în sens centripet, de la receptori spre centrii senzitivi sau senzoriali), cât şi fibre motorii (care conduc influxul nervos în sens centrifug, de la centrii motori spre organele efectoare). Nervii conţin şi fibre vegetative centripete şi centrifuge. Prin urmare nervii au – în general – caracter mixt conducând influxul în ambele direcţii, dar având mănunchiuri de fibre specializate pentru fiecare funcţie. Există însă şi nervi cu funcţie exclusiv senzitivă sau exclusiv motorie [→ § 4.2.4 – NERVII CRANIENI].

Pe o secţiune transversală a unui nerv se constată că fibrele nervoase (reprezentate prin axoni sau dendrite) sunt grupate după funcţia lor în mănunchiuri înconjurate de o teacă conjunctivă, *perinerv*. Din perinerv pleacă septuri conjunctive (numite *endonerv*), care separă mănunchiurile de fibre din interior. Mai multe asemenea unităţi de fibre sunt grupate într-o teacă conjunctivă comună, *epinerv* (din care se desprinde şi perinervul). Tot acest complex de fibre nervoase grupate, plus teaca lor conjunctivă externă (epinervul), alcătuiesc un nerv periferic. De remarcat că, în ţesutul conjunctiv al nervului se găsesc mici vase sanguine care asigură nutriţia nervului precum şi fibre nervoase vegetative (fig. 4.7). Există nervi periferici (care au nucleii în măduva spinării) şi nervi cranieni (care au nucleii în trunchiul cerebral).

Un exemplu de nerv periferic voluminos este nervul mare sciatic *(nervus ischiaticus)*, cel mai lung şi mai gros nerv din organism. El are originea în plexul sacrat (L_4-S_3), ramurile sale se distribuie pe toată lungimea membrului inferior şi conţin:

– fibre senzitive (centripete), pentru sensibilitatea generală, tactilă, termică, dureroasă şi de presiune, provenind de la o suprafaţă întinsă a tegumentelor de pe membrul inferior corespunzător, alături de fibre pentru sensibilitatea kinestezică provenind de la articulaţiile aceluiaşi membru, de la receptorii kinestezici situaţi în tendoanele muşchilor membrului şi de la fusurile neuromusculare ale acestor muşchi;

– fibre motorii (centrifuge) destinate majorităţii muşchilor membrului inferior;

– fibre vegetative simpatice şi parasimpatice destinate vaselor din regiune.

Atenţie, toţi nervii spinali, ramurile lor cu destinaţie somatică şi vegetativă precum şi nervii cranieni se găsesc sub formă de perechi; deci se va menţiona (când este cazul) .... **drept** sau .... **stâng**.

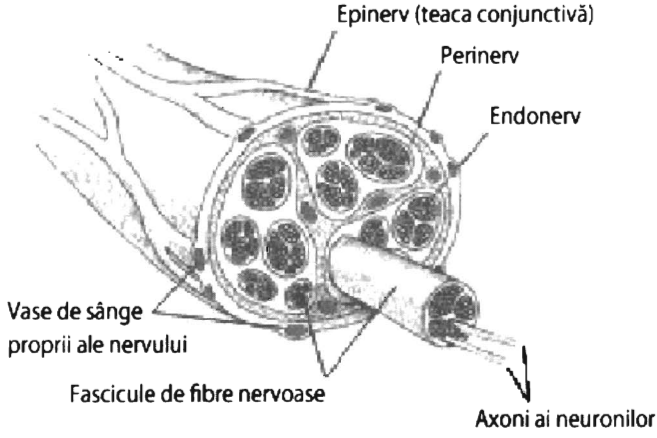


Fig. 4.7 – Fibră nervoasă (secţiune transversală).

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA CELULELOR ŞI A FIBRELOR NERVOASE *[Applications to the pathology of nervous cells and fibers]*

Distrugerile neuronale *[Neuronal destructions].* Aceste distrugeri sunt ireversibile deoarece neuronii NU se pot regenera. Ei NU posedă centrozom şi NU se pot înmulţi. Totuşi, datorită faptului că fiecare neuron are extrem de multe conexiuni cu alţii – alcătuind o adevărată reţea – funcţiile pierdute odată cu dispariţia unora dintre ei, pot fi parţial recuperate prin intrarea în activitate a celor rămaşi, folosind căile de legătură existente, chiar ocolitoare. În ultimii ani se încearcă înlocuirea neuronilor distruşi sau degeneraţi prin transplantarea de celule-stem (celule tinere pluripotente), care să devină noi neuroni, înlocuind pe cei pierduţi.

Tumori maligne (cancere) ale sistemului nervos *[Malignant tumours of the nervous system].* Se dezvoltă numai din nevroglii, rezultând tumori intracraniene sau intramedulare grave. Citãm: glioblastom, astrocitom, ependimom, meduloblastom. De reţinut că neuronii nu generează tumori, dar din teaca Schwann poate apărea o tumoră cu caracter benign (neurinom sau schwannom). Neurinomul, chiar dacă are caracter histologic benign, poate produce tulburări neurologice grave prin compresiunile exercitate asupra formaţiunilor din jur.

Polineuropatia *[Polyneuropathy].* Este o afecţiune a nervilor periferici cu etiologie (cauzalitate) multiplă. Ea poate surveni în neuroviroze, în alcoolismul cronic, în toxicomanii cu produse opiacee, în diabetul zaharat, după

unele vaccinuri etc. Simptomele constau în tulburări cu caracter simetric: senzitive (dureri, parestezii în extremităţi), deficite motorii şi tulburări vegetative, datorită faptului că nervii conţin - adăpostite în acelaşi înveliş - atât fibre senzitive şi motorii somatice, cât şi fibre vegetative.

4.2. SISTEMUL NERVOS CENTRAL (SNC) *[The central nervous system (CNS)]*

Componentele sistemului nervos central – denumit şi ax cerebro-spinal sau nevrax – sunt (enumerând în sens caudo-cranial): măduva spinării, trunchiul cerebral (cu mai multe segmente distincte), diencefalul, cerebelul şi emisferele cerebrale. Toate aceste componente au în structura lor zone de substanţă cenuşie, constituite din aglomerări de corpi neuronali (cu rol de centri nervoşi) şi zone de substanţă albă, unde sunt fibre nervoase (reprezentate prin prelungirile neuronale: dendrite şi axoni) care fac legătura între aceşti centri.

4.2.1. MĂDUVA SPINĂRII *[The spinal cord]*

Este un cordon lung şi subţire, de forma aproximativă a unui cilindru uşor turtit antero-posterior, având la adult o lungime de 42-45 cm, situat în canalul rahidian (care se formează prin suprapunerea găurilor vertebrale). Ea se continuă în sus (în sens cranial) cu bulbul rahidian (care, din acest motiv, se mai numeşte *medulla oblongata).* Măduva se întinde de la gaura occipitală (din dreptul vertebrei C_1) până la nivelul vertebrei L_2. De notat că, în continuare, canalul rahidian se prelungeşte în sens caudal, adăpostind nu numai rădăcinile nervilor, ci şi nervii spinali lombari şi sacraţi în traiectul lor până la găurile intervertebrale pe unde părăsesc canalul rahidian.

În partea inferioară, măduva spinării se termină printr-un con prelungit cu un cordon foarte subţire *(filum terminale)* care se întinde până în dreptul vertebrei a 2-a coccigiene. Nervii lombari şi sacraţi – care ies mai caudal prin găurile intervertebrale – împreună cu *filum terminale,* alcătuiesc *coada de cal,* formaţiune denumită sugestiv datorită aspectului ei.

La exterior, măduva spinării prezintă pe faţa ventrală un şanţ larg şi adânc *(fisura mediană anterioară),* pe faţa dorsală *şanţul median posterior* (mult mai îngust), iar în părţile laterale, simetric, se observă:

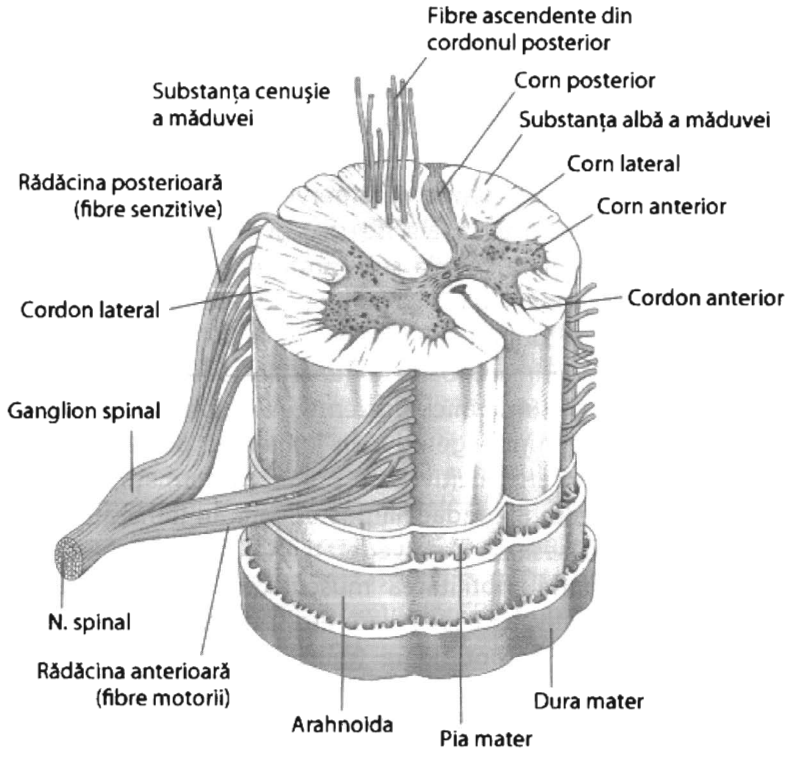


Fig. 4.8 – Segment din măduva spinării cu rădăcinile unui nerv spinal.

– două șanțuri postero-laterale (unul drept, unul stâng) pe unde pătrund rădăcinile posterioare, cu fibre senzitive venite pe calea nervilor spinali și

– două șanțuri antero-laterale (unul drept, unul stâng) pe unde ies rădăcinile anterioare – cu fibre motorii provenite din neuronii motori medulari.

Măduva spinării prezintă două zone mai umflate care nu sunt lipsite de semnificație. Cea din regiunea cervicală constituie locul de origine a nervilor membrului superior (plexul brahial), iar cea din regiunea lombară, locul de origine a nervilor lombari (distribuiți în diferite teritorii).

4.2.1.1. STRUCTURA INTERNĂ A MĂDUVEI SPINĂRII *[The inner structure of the spinal cord]* se poate studia printr-o secțiune transversală în care se observă (fig. 4.8):

• **Substanța cenușie** (alcătuită din corpi neuronali) care se află în centru, are aproximativ forma literei H și prezintă simetric:

– două *coarne anterioare* (mai voluminoase), care conțin motoneuronii medulari de tip multipolar. De la aceștia pleacă axonii care alcătuiesc rădăcina anterioară (= motorie) a nervilor spinali;

– două *coarne posterioare* (mai subțiri) care conțin neuroni somatosenzitivi. Aceștia fac sinapse cu axonii celulelor senzitive din ganglionii spinali situați pe rădăcina posterioară (senzitivă) a nervilor spinali, de la care primesc transmiterea informațiilor. În plus, aici se mai găsesc neuroni de asociație, iar în vecinătatea lor imediată se află substanța reticulată medulară care se întinde de la măduva spinării până la talamus și are funcția de a integra informațiile senzoriale de origine diferită într-o activitate globală modulatoare (prin activare sau prin inhibare) a funcțiilor senzoriale și motorii;

– două *coarne laterale* (mai mici, prezente în regiunile toracală, lombară și sacrată) care conțin neuroni vegetativi. În jumătatea posterioară a acestor coarne se află neuroni viscerosenzitivi care primesc informații de la organele interne prin fibrele aferente ale rădăcinii posterioare. În jumătatea anterioară a coarnelor laterale se găsesc neuroni vegetativi visceromotori (neuronii preganglionari) care comandă motilitatea musculaturii netede a arterelor, a bronhiilor, a tubului digestiv, a căilor biliare etc., prin axonii lor care părăsesc măduva pe calea rădăcinilor anterioare (motorii) ale nervilor spinali.

În centrul substanței cenușii (deci și în centrul măduvei) se află un mic canal *(canalul ependimar)* care conține lichid cefalo-rahidian.

• **Substanța reticulată** este un sistem de neuroni interconectați în rețea, care se întinde de la măduva spinării, trecând în continuare prin bulbul rahidian și prin trunchiul cerebral până la diencefal. Are drept funcție integrarea informației senzoriale, de origine variată, într-o activitate globală.

• **Substanța albă** ocupă zonele laterale și periferice ale măduvei. Ea este împărțită topografic în cordoane simetrice, separate între ele prin coarnele substanței cenușii: două cordoane posterioare (unul drept, unul stâng), două cordoane laterale (unul drept, unul stâng) și două cordoane anterioare (unul drept, unul stâng). Substanța albă este formată din fibre mielinice, grupate în tracturi (fascicule) și din celule gliale. Fibrele nervoase grupate cuprind următoarele categorii:

– fibre scurte care formează tracturi de legătură între segmentele medulare;

– fibre lungi, care formează tracturi ascendente (aferente), ducând informații din partea receptorilor și organelor de simț către centrii superiori. Aceste tracturi reprezintă căile senzitive;

– fibre lungi care formează tracturi descendente (eferente), ducând comenzi de la centrii motilității voluntare (piramidali) și ai motilității auto-

mate (centrii extrapiramidali) către musculatura scheletică. Aceste tracturi reprezintă căile motorii.

4.2.1.2. FUNCȚIILE MĂDUVEI SPINĂRII *[Spinal cord functions].* Măduva spinării are două funcții principale: este centru reflex (numai pentru reflexe înnăscute) şi constituie un ansamblu de căi de conducere.

a) FIZIOLOGIA CENTRILOR NERVOŞI (cu referire în special la măduva spinării).

Centrii nervoşi sunt ansambluri de doi sau mai mulți neuroni conectați sinaptic, localizați în sistemul nervos central şi având rolul de a regla o anumită funcție. Una şi aceeaşi funcție poate fi reglată de o succesiune ierarhică de centri nervoşi, localizați în lungul axului cerebrospinal începând cu măduva spinării şi sfârşind cu scoarța cerebrală. În general, centrii nervoşi cu localizare medulară (inferiori) sunt subordonați centrilor superiori localizați în trunchiul cerebral, diencefal sau în scoarța cerebrală.

Mecanismul fundamental de activitate al centrilor nervoşi este reflexul. Prin reflex înțelegem reacția de răspuns a unor centri nervoşi la acțiunea unui stimul, aplicat la nivelul receptorilor. Răspunsul dat de centri se exteriorizează la nivelul unor efectori.

Între locul de acțiune al excitantului şi cel de exteriorizare a răspunsului reflex se interpun o serie de structuri ce alcătuiesc împreună arcul reflex. Componentele arcului reflex sunt: *receptorul, calea aferentă, centrul, calea eferentă şi efectorul.*

Receptorul este un organ format din celule senzitive şi din celule de susținere. Celulele senzitive sunt specializate pentru a reacționa specific, mai ales față de anumiți excitanți. Spre exemplu, celulele senzitive din retină sunt excitate specific de către fotoni, cele din papilele gustative sunt excitate de substanțe chimice din alimente, iar celulele din receptorii cutanați nu reacționează decât la stimuli mecanici, calorici, dureroşi etc. Celulele senzitive din receptor au doi poli: unul apical, prin care vin în contact cu excitantul, şi unul bazal, ce vine în contact cu terminația fibrei nervoase senzitive.

Calea aferentă este reprezentată de fibrele nervoase senzitive care, la originea lor, sunt dendrite ale neuronilor senzitivi din ganglionii situați pe rădăcinile posterioare ale nervilor spinali sau pe traiectul nervilor cranieni. O cale aferentă poate fi formată numai dintr-un singur neuron senzitiv sau din lanțuri de doi, trei sau mai mulți neuroni senzitivi. Pentru majoritatea organelor de simț, calea aferentă este formată din trei neuroni senzitivi (protoneuronul, deutoneuronul şi al III-lea neuron).

Centrul reflex este localizat la nivelul axului cerebrospinal. Reflexele simple se închid în centri cu organizare mai simplă, formați din 2-3 neuroni,

iar reflexele complexe se închid în centri cu mii, milioane sau miliarde de neuroni, legaţi între ei prin sinapse multiple. La nivelul centrilor este elaborată reacţia de răspuns.

Calea eferentă conduce comanda de la centri spre organele efectoare. Ea este formată din fibre nervoase motorii (somatice sau vegetative) *sau* fibre vegetative secretorii. Toate reprezintă axoni ai neuronilor somatici sau vegetativi din centrii nervoşi. Ajunse la nivelul efectorilor, aceste fibre *fac* sinapsă cu celula efectoare.

Efectorul este ultimul component al arcului reflex. În organism există *efectori somatici* (celulele musculare striate) şi *efectori vegetativi* (celulele musculare netede, celulele miocardului, celulele epiteliate secretorii).

Clasificarea reflexelor. Reflexele se pot clasifica după localizarea centrilor sau după numărul de neuroni şi de sinapse care participă la realizarea lor.

După localizare, distingem reflexe: *spinale, bulbare, pontine* etc.; după numărul sinapselor, reflexele pot fi *mono-* sau *polisinaptice.*

Toate reflexele care au centrii situaţi în organe nervoase subcorticale sunt înnăscute – *reflexe necondiţionate.* Reflexele care au centrii la nivelul scoarţei cerebrale sunt dobândite în timpul vieţii – *reflexe condiţionate.*

b) FUNCŢIA REFLEXĂ A MĂDUVEI SPINĂRII *[Reflex function of the spinal cord]*

Un reflex înnăscut este un răspuns automat (deci fără participarea conştienţei sau a voinţei), prompt, rapid şi scurt la o excitaţie primită de către receptorii nervoşi. Acest răspuns poate fi o contracţie musculară sau o secreţie glandulară. Orice reflex presupune existenţa celor cinci componente descrise în alineatul precedent.

În măduva spinării există centri pentru reflexe somatice (manifestate prin contracţii ale musculaturii scheletice striate) şi centri pentru reflexe vegetative.

• **Reflexele somatice,** cu centrul în măduva spinării, sunt de două feluri (fig. 4.9):

~ **Reflexe monosinaptice,** reflexe simple, care implică participarea a numai doi neuroni (deci existenţa unei singure sinapse). Au un timp de latenţă foarte scurt, se desfăşoară pe o arie limitată şi nu iradiază. Un asemenea reflex este descris şi sub denumirea de *arc reflex,* datorită schemei prin care apare figurat. Dintre reflexele monosinaptice, cele mai demonstrative sunt reflexele osteotendinoase, iar dintre acestea, foarte frecvent în practica neurologică este căutat *reflexul rotulian.* Iată desfăşurarea acestui reflex: (1) percutarea (cu ciocănaşul de reflexe) a tendonului muşchiului cvadriceps al coapsei *(quadriceps femoris)* produce excitarea receptorilor kinestezici din tendonul muşchiului; 2) urmează propagarea rapidă a influxului nervos pe calea fibrelor senzitive aferente, situate în rădăcina posterioară a nervului

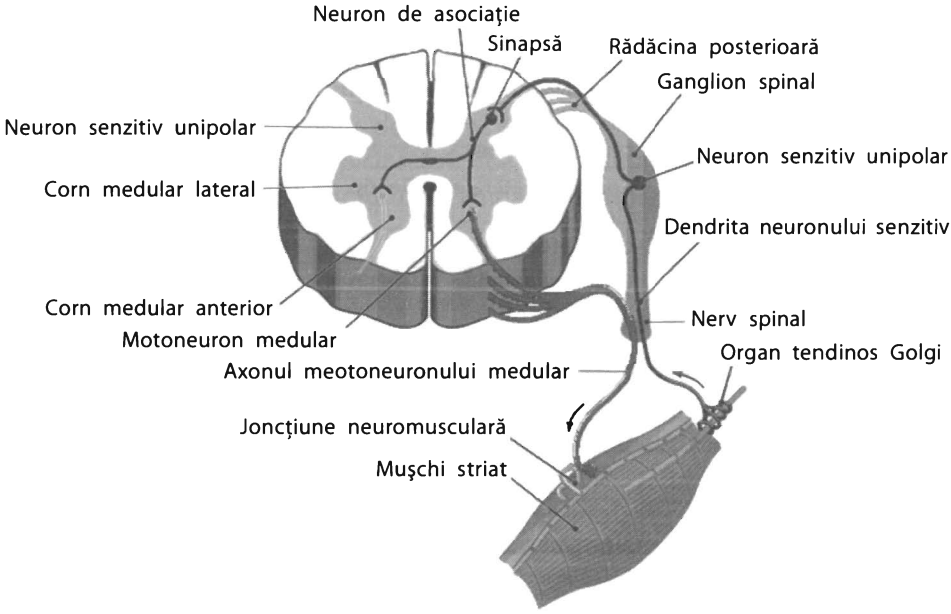


Fig. 4.9 – Arcul reflex medular somatic.

spinal, spre măduva spinării; 3) centrul reflex din segmentele medulare L_3, L_4 primeşte informaţia şi emite comanda de răspuns; 4) influxul nervos pornit de la motoneuronii medulari (din coarnele anterioare) se propagă prin fibrele eferente din rădăcina anterioară motorie) a nervului spinal şi mai departe prin ramura motorie destinată muşchiului cvadriceps; 5) ajungând la placa motorie terminală a acestui muşchi, îi declanşează contracţia, producând o bruscă şi scurtă extensie a gambei pe coapsă. Toate reflexele osteotendinoase (ROT) sunt monosinaptice: la membrele superioare se execută reflexul bicipital, tricipital şi stiloradial; la membrele inferioare – reflexul rotulian (patelar) şi reflexul ahilian.

TABELUL 4.2

Sistematizarea reflexelor cu sediul în măduva spinării

Categoria de reflexe	Tipul	Număr de neuroni implicaţi în releu	Grupa de reflexe	Exemple
Reflexe somatice	Mono-sinaptice	Doi: unul senzitiv şi unul motor	Reflexele osteotendinoase	Reflexul bicipital, tricipital, rotulian, ahilian
	Polisinaptice	Mai mulţi neuroni, incluzând neuroni de asociaţie	Reflexele de apărare	Reflexul de triplă retracţie

		Sediul	Efectul în cadrul SNV	Rezultatul fiziologic
Reflexe vegetative	Reflexul pupilo-dilatator	Coarnele laterale ale măduvei cervicotoracale	De tip simpatic	Midriază (dilatarea pupilei)
	Reflexul cardioaccelerator	Coarnele laterale ale măduvei cervicotoracale	De tip simpatic	Tahicardie
	Reflexul vasoconstrictor	Coarnele laterale ale măduvei toracolombare	De tip simpatic	Vasoconstricţia arteriolelor şi creşterea TA
	Reflexul pilomotor	Coarnele laterale ale măduvei toracolombare	De tip simpatic	Piloerecţie („zbârlirea") firelor de păr de pe piele
	Reflexe interesând motilitatea tubului digestiv	Coarnele laterale ale măduvei sacrate	De tip parasimpatic: mişcări peristaltice prin acţiunea muşchilor netezi longitudinali	Peristaltismul tubului digestiv
		Coarnele laterale ale măduvei toracolombare	De tip simpatic: contracţia sfincterelor tubului digestiv	Oprirea temporară a tranzitului de-a lungul tubului digestiv, prin închiderea de scurtă durată a inelelor sfincteriene
	Reflexul de micţiune	Coarnele laterale ale măduvei lombosacrate	De tip parasimpatic: contracţia musculaturii (detrusorului) vezicii urinare şi relaxarea sfincterului vezical intern	Micţiunea
		Coarnele laterale ale măduvei toraco-lombare	De tip simpatic: contracţia sfincterului vezical intern	Reţinerea urinei în vezică
	Reflexul de defecaţie	Coarnele laterale ale măduvei lombosacrate	De tip parasimpatic: eliminarea bolului fecal	Defecaţia
	Reflexele sexuale	Coarnele laterale ale măduvei lombosacrate	La bărbaţi se produce erecţia şi ejacularea. La femei vasocongestia clitoridiană şi vaginală. Intervine însă şi efectul modulator al centrilor superiori din scoarţa cerebrală	

~ **Reflexele polisinaptice** se realizează datorită existenței neuronilor intercalari (= de asociație) dintre neuronul senzitiv şi cel motor. Datorită sinapselor numeroase, excitația ca şi comanda de contracție sunt transmise pe arii mai întinse. Exemplu de reflex polisinaptic este reflexul de apărare, produs de ciupirea plantei piciorului. Această excitație (dureroasă) produce o triplă retracție: flexia piciorului pe gambă, a gambei pe coapsă şi a coapsei pe abdomen. La o excitație dureroasă mai intensă, stimulul pune în acțiune şi alți neuroni, provocând şi flexia celuilalt membru inferior. Iar dacă intensitatea este deosebit de mare, durerea produsă determină mişcări din partea tuturor celor patru membre. Din aceste constatări experimentale s-au putut formula următoarele legi, care stabilesc legătura dintre intensitatea stimulilor şi reflexele produse:

– un excitant de mică intensitate determină un răspuns motor de la un grup mic de muşchi. Este **legea localizării;**

– un excitant de o intensitate moderată determină răspuns motor din partea întregului membru examinat. Este **legea unilateralității;**

– un excitant de intensitate mare determină răspuns motor bilateral (din partea ambelor membre). Este **legea simetriei;**

– un excitant de foarte mare intensitate determină răspuns motor (mişcări) din partea celor patru membre. Este **legea iradierii;**

– un excitant de o intensitate deosebit de puternică – antrenând un mare număr de neuroni motori cu acțiune pe diferite destinații – determină răspuns motor din partea tuturor membrelor, dar şi a corpului. Este **legea generalizării.**

• **Reflexele vegetative** cu sediul în măduva spinării au efecte de tip simpatic sau de tip parasimpatic. Detalii → Tabelul 4.2.

c) FUNCȚIA DE CONDUCERE A MĂDUVEI SPINĂRII *[Spinal cord conducting function]*

Se realizează prin substanța albă a măduvei spinării, divizată în cele trei perechi simetrice de cordoane (anterior, lateral şi posterior). Cordoanele de substanță albă sunt alcătuite din fascicule de axoni care conduc influxul nervos: unele în sens ascendent (căi senzitive, aferente), celelalte în sens descendent (căi motorii, eferente) (fig. 4.10).

• **CĂILE SENZITIVE (AFERENTE)** ***[Sensitive (afferent) pathways]*** includ în general:

– receptorii periferici specializați (tactili, termici, dureroşi sau de presiune), care primesc informații specifice;

– primul neuron senzitiv (protoneuronul) situat în ganglionul spinal de pe rădăcina posterioară a nervului spinal;

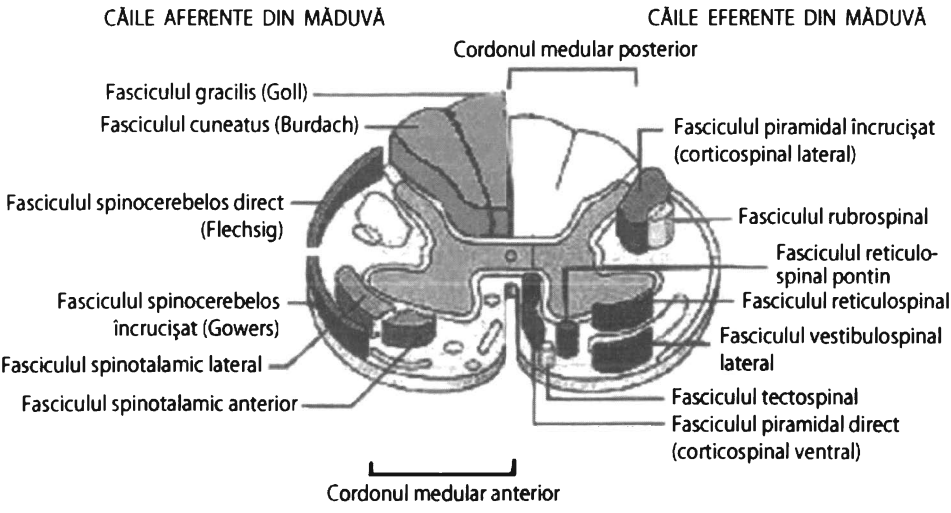


Fig. 4.10 – Secțiune transversală prin măduva spinării arătând căile aferente (ascendente) și cele eferente (descendente).

– rădăcina posterioară a nervului spinal (rădăcină exclusiv senzitivă), formată din prelungirile acestui neuron;

– al doilea neuron senzitiv (deutoneuronul) aflat în coarnele posterioare ale substanței cenușii medulare.

Ulterior, la nivelul măduvei, căile senzitive se despart în funcție de tipul de sensibilitate pe care îl transmit. Există căi specifice (pentru anumite tipuri de sensibilitate) și căi nespecifice (care transmit impulsuri de la mai mulți receptori) (fig. 4.11).

a) Căile ascendente specifice:

~ **Sensibilitatea exteroceptivă *[exteroceptive sensitivity],*** adică cea produsă de acțiunea excitanților din mediul extern asupra receptorilor din piele și mucoase, folosește următoarele căi:

– **Sensibilitatea termică, dureroasă și sensibilitatea tactilă grosolană** (care este denumită și **sensibilitate protopatică**, fiind difuză și redusă, dar putând avea repercusiuni afective!), folosește inițial calea descrisă, apoi trece mai departe prin axonii deutoneuronului din coarnele posterioare, despărțindu-se în două: o parte spre cordonul lateral din partea opusă (deci se încrucișează), formând fasciculul spinotalamic lateral (care transmite sensibilitatea termică și dureroasă), iar cealaltă parte spre cordonul anterior (de aceeași parte), formând fasciculul spinotalamic anterior care transmite sensibilitatea tactilă grosolană.

– **Sensibilitatea tactilă fină (epicritică)** folosește fibre de la protoneuronul din ganglionul spinal care pătrund direct în cordoanele posterioare, formând fasciculele spinobulbare (**Goll** [= **fasciculus gracilis]** și **Burdach**

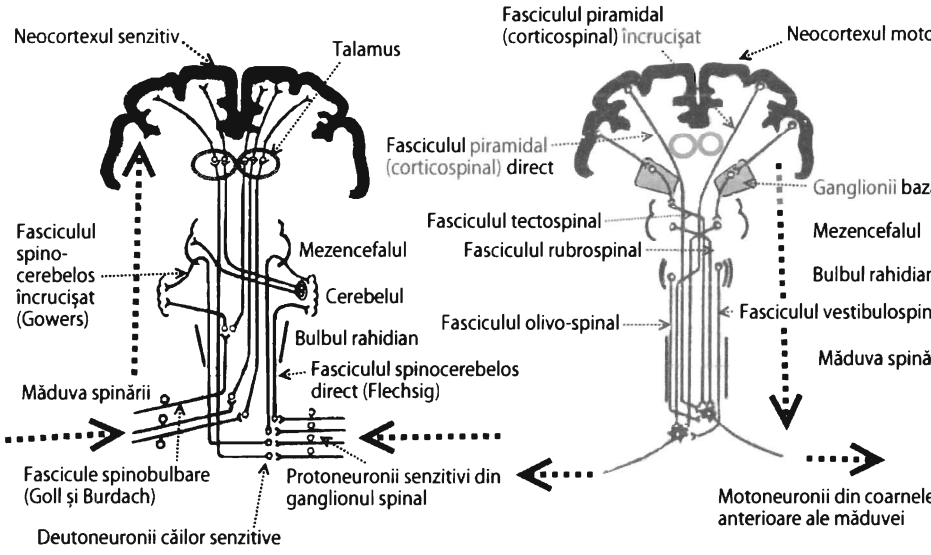


Fig. 4.11 – Căile aferente (senzitive) şi cele eferente (motorii). De notat sensul unic de propagare a influxului nervos (săgeţile punctate).

[= **fasciculus cuneatus**]). Deutoneuronul cu care aceste fibre fac sinapsa se află în bulbul rahidian.

Toate căile exteroceptive au cel de-al treilea neuron în talamus, de unde pleacă axoni care fac legătura cu zona de integrare a sensibilităţii generale din scoarţa cerebrală.

~ **Sensibilitatea proprioceptivă *[proprioceptive sensitivity]*** adică cea produsă de poziţia şi mişcările corpului, asupra receptorilor kinestezici (din muşchi, tendoane, capsule articulare şi ligamente articulare) foloseşte următoarele căi:

– protoneuronul este tot cel din ganglionul spinal, dendritele sale fiind în legătură cu receptorii kinestezici din oase, articulaţii şi muşchi. Axonii protoneuronului pătrund în măduvă tot prin rădăcina posterioară a n. spinal, apoi se despart în două grupe:

– fibrele care conduc *sensibilitatea proprioceptivă inconştientă* fac sinapsă în coarnele posterioare, unde se află deutoneuronul căii. De aici pleacă axoni dintre care unii trec în cordonul lateral de aceeaşi parte, formând fasciculul spinocerebelos direct (Flechsig) care aduce informaţii din regiunea inferioară a trunchiului şi de la membrele inferioare, iar ceilalţi axoni formează în cordonul lateral de partea opusă (prin încrucişare metamerică în măduvă) fasciculul spinocerebelos încrucişat (Gowers) care adună excitaţii din partea superioară a trunchiului şi de la membrele superioare;

– fibrele care conduc *sensibilitatea proprioceptivă conştientă* trec din rădăcina posterioară direct în cordonul medular posterior, în fasciculele

spinobulbare (Goll [= *gracilis*] şi Burdach [= *cuneatus*]), făcând sinapsa cu deutoneuronul care este localizat în bulbul rahidian. Al treilea neuron de pe această cale se află în talamus (principala staţie de releu a căilor senzitive), de la care axonii pleacă spre zonele de integrare din scoarţa cerebrală, unde are loc proiecţia corticală.

Pentru sensibilitatea interoceptivă *[interoceptive sensitivity]* (cea de la organele interne) propagarea impulsului nervos are loc prin substanţa reticulată din jurul canalului ependimar, prin substanţa reticulată medulară şi prin unele fibre spino-talamice.

~ **Căile ascendente nespecifice** sunt reprezentate de substanţa reticulată medulară (alcătuită din reţele de neuroni care se interconectează prin numeroase ramuri colaterale). Ea se va continua cu substanţa reticulată din trunchiul cerebral [→ Funcţia de conducere a trunchiului cerebral la § 4.2.3].

• **CĂILE MOTORII (EFERENTE)** ***[Motor (efferent) pathways]*** dispun de următoarele fascicule descendente:

~ Pentru **motilitatea voluntară,** unde mişcările sunt comandate de la scoarţa cerebrală - neocortexul motor (aria somatomotorie situată în girusul precentral), există (fig. 4.12):

– *fasciculul piramidal încrucişat (cortico-spinal lateral)* care este format din axonii lungi ai neuronilor piramidali situaţi în aria somatomotorie a scoarţei cerebrale (localizată în girusul precentral al lobului frontal), cuprinzând peste 3/4 din axonii acestor neuroni. De aici axonii, grupaţi în fascicul, coboară spre trunchiul cerebral, se încrucişează în bulbul rahidian cu fasciculul corespunzător din partea cealaltă, astfel încât ajung în cordonul medular lateral de partea opusă. Prin urmare, comenzile plecate din emisfera cerebrală stângă ajung în jumătatea dreaptă a corpului şi invers. Fasciculul piramidal încrucişat îşi continuă apoi drumul prin cordonul lateral până la motoneuronii medulari (din coarnele anterioare) cu care face sinapsă;

– *fasciculul piramidal direct (cortico-spinal anterior)*, cu un număr mult mai mic de fibre faţă de cel încrucişat (cuprinde mai puţin de ¼ din axonii neuronilor piramidali), porneşte tot din aria somatomotorie (din girul precentral), coboară ajungând în cordoanele anterioare ale măduvei, unde se încrucişează metameric şi face sinapsă tot cu motoneuronii medulari de partea opusă;

– *fasciculul corticobulbar*, mult mai scurt, transmite comenzile voluntare de la aria somatomotorie (din girul precentral) la nucleii motori ai nervilor cranieni situaţi în trunchiul cerebral (perechile III, IV, V, VI, VII, IX, X, XI, XII).

~ Pentru **motilitatea automată** mişcările sunt coordonate de centrii extrapiramidali care sunt reprezentaţi prin anumite zone ale scoarţei cerebrale, prin corpii striaţi din diencefal, prin nucleul roşu din partea superioară

a pedunculilor cerebrali, prin *locus niger* tot din pedunculii cerebrali şi prin tectum (= coliculii cvadrigemeni) situat în mezencefal. În substanţa albă din măduva spinării există următoarele căi extrapiramidale (fig. 4.13):

– *fasciculul olivospinal* porneşte de la nucleul olivar din bulbul rahidian, coboară prin cordonul medular lateral, se încrucişează metameric în măduvă, face sinapsa cu motoneuronul medular din coarnele anterioare;

– *fasciculul tectospinal* porneşte de la coliculii cvadrigemeni (tectum) din mezencefal, se încrucişează tot în mezencefal, apoi coboară prin cordonul medular anterior de partea opusă, făcând sinapsă cu motoneuronii medulari din coarnele anterioare;

– *fasciculul rubrospinal* porneşte de la nucleul roşu din mezencefal, unde se şi încrucişează înainte de a începe să coboare prin cordonul lateral de partea opusă. Face sinapsă cu motoneuronii medulari din coarnele anterioare;

– *fasciculul vestibulospinal* porneşte de la nucleul vestibular din bulb, coboară prin cordonul anterior medular de aceeaşi parte, apoi se încrucişează

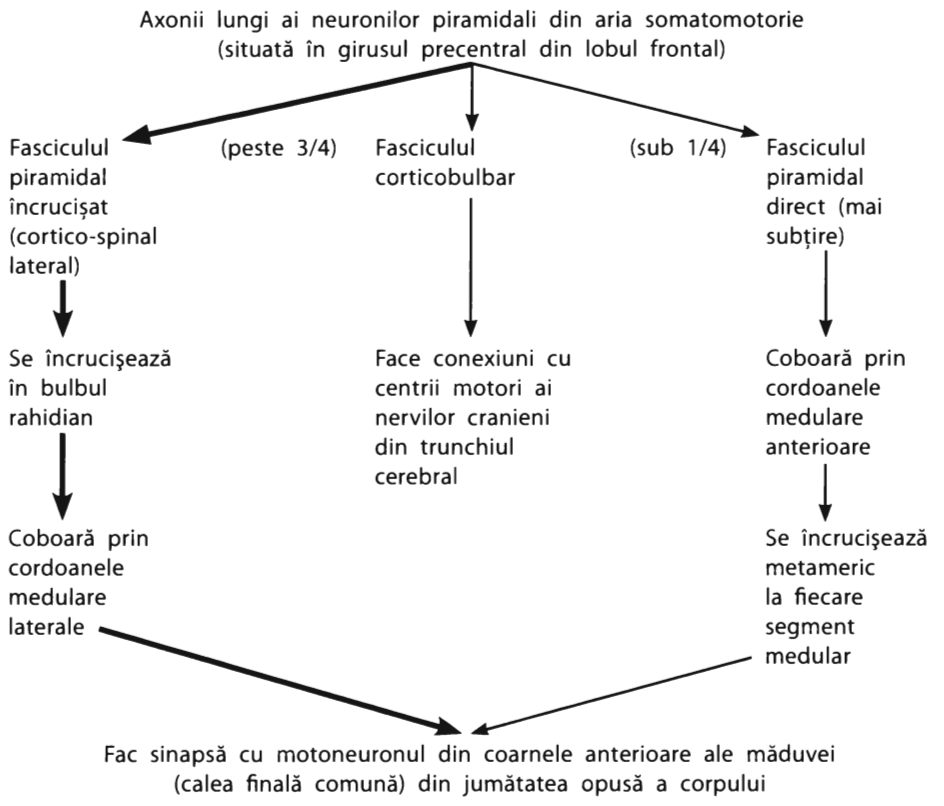


Fig. 4.12 – Schematizarea căilor motilităţii voluntare.

metameric la nivel medular. În final, face sinapsă cu motoneuronul medular din cornul anterior de partea opusă;

– *fasciculul reticulospinal* porneşte de la substanţa reticulată a trunchiului cerebral şi coboară sub forma a două tracturi: unul lateral (prin cordonul lateral al substanţei albe medulare) şi celălalt anterior (prin cordonul anterior al substanţei albe).

După cum se poate constata, motoneuronul medular din coarnele anterioare ale măduvei spinării reprezintă „calea finală comună", atât pentru motilitatea voluntară (calea piramidală) cât şi pentru motilitatea automată (căile extrapiramidale), primind impulsuri de la fasciculele ambelor tipuri de motilitate.

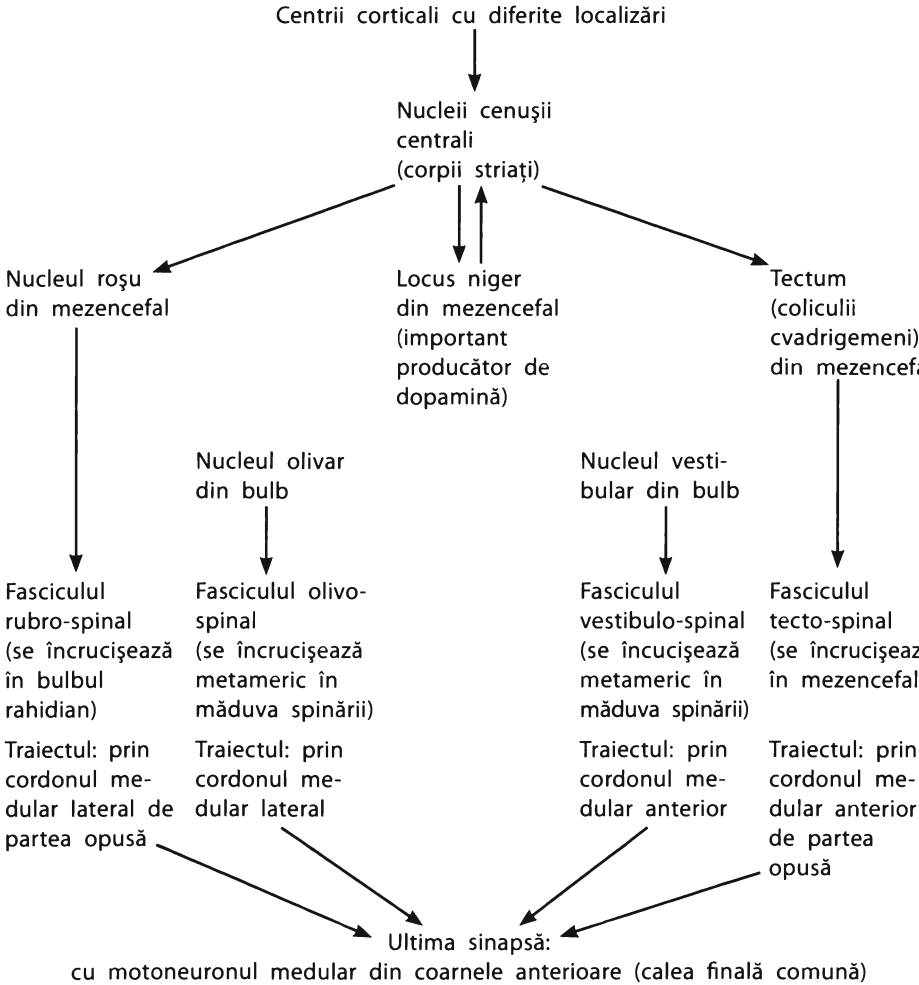


Fig. 4.13 – Schematizarea centrilor şi căilor motilităţii automate.

Motilitatea automată, coordonată de sistemul extrapiramidal, este foarte importantă pentru activitatea motorie a corpului. Acest sistem asigură dozarea, finețea și „rotunjimea" mișcărilor voluntare (efectuate prin sistemul piramidal), controlează tonusul postural, mișcările automate ale membrelor superioare care însoțesc și facilitează mersul, produce schimbările mimicii fetei în funcție de starea psihică, face posibil scrisul și mișcările care necesită o execuție de finețe, determină modulațiile vocii și condiționează unele stări afective, precum și exteriorizarea lor.

§ APLICAȚII ÎN PATOLOGIA MĂDUVEI SPINĂRII *[Applications to the spinal cord pathology]*

Secționarea transversală completă a măduvei spinării (în urma unui traumatism violent) antrenează tulburări grave datorită întreruperii tuturor căilor care o străbat. Spre exemplu, o secțiune medulară completă la nivel lombar superior determină:

- abolirea completă a tuturor formelor de sensibilitate (anestezie completă) sub nivelul secțiunii (în cazul de față în regiunea bazinului și la membrele inferioare);
- paralizie spastică a membrelor inferioare (= paraplegie spastică);
- hipertonie accentuată la musculatura membrelor inferioare (a dispărut efectul de control și inhibiție exercitat de calea piramidală, deoarece aceasta a fost secționată);
- ROT vii la membrele inferioare (tot datorită abolirii acțiunii inhibitoare a căii piramidale);
- dispariția controlului sfincterian (accidentatul are incontinență sau retenție de urină și de materii fecale).

Hemisecțiunea transversală medulară produce următoarele tulburări, de la nivelul secțiunii în jos:

- abolirea sensibilității tactile, a celei vibratorii și a celei proprioceptive homolateral (= de partea unde s-a produs leziunea);
- abolirea sensibilității dureroase și termice controlateral (= de partea opusă celei lezate), deoarece căile acestor două tipuri de sensibilitate se încrucișează metameric în măduvă (formând fasciculul spino-talamic lateral);
- paralizie spastică a membrelor homolaterale (= de partea unde s-a produs leziunea). Reamintim că încrucișarea majorității fasciculelor piramidale are loc mult mai cranial (în bulb) și ea este completată de încrucișarea metamerică (în măduvă) a fasciculului piramidal direct;
- hipertonia musculaturii de partea unde s-a produs leziunea, cu ROT vii.

TABELUL 4.3

Sistematizarea căilor ascendente şi descendente din măduva spinării

Fasciculul (tractul)	Traiectul prin măduva spinării	Funcţia	Originea	Sinapse pe traiect (exclus receptori)	Destinaţia finală
Căi ascendente (aferente, senzitive)					
Spinotalamic lateral	În cordonul lateral (se încrucişează metameric în măduvă)	Sensibilitate termică şi dureroasă	Receptorii cutanaţi termici şi dureroşi	- În cornul posterior al substanţei cenuşii - În talamus	Scoarţa cerebrală: în zona de integrare a sensibilităţii generale (girusul postcentral din lobul parietal)
Spinotalamic anterior	În cordonul anterior	Sensibilitatea tactilă grosolană (protopatică)	Receptorii cutanaţi tactili	- În cornul posterior al substanţei cenuşii - În talamus	
Spinobulbare (Goll şi Burdach)	În cordonul posterior	Sensibilitatea tactilă fină (epicritică)	Receptorii cutanaţi tactili	- În bulbul rahidian - În talamus	
		Sensibilitatea proprioceptivă conştientă	Receptorii kinestezici din muşchi, articulaţii	- În bulbul rahidian - În talamus	
Spinocerebelos direct (Flechsig)	În cordonul lateral	Sensibilitatea proprioceptivă inconştientă din jumătatea inferioară a corpului		- În cornul posterior al substanţei cenuşii	Cerebelul
Spinocerebelos încrucişat (Gowers)	În cordonul lateral (se încrucişează metameric în măduvă)	Sensibilitatea proprioceptivă inconştientă din jumătatea superioară a corpului	Receptorii kinestezici din partea superioară a corpului	- În cornul posterior al substanţei cenuşii	Cerebelul

TABELUL 4.3 (continuare)

Fasciculul (tractul)	Traiectul prin măduva spinării)	Funcţia	Originea	Sinapse pe traiect (exclus receptori)	Destinaţia finală
Căi descendente (eferente, motorii)					
Piramidal încrucişat (cortico-spinal lateral)	În cordonul lateral (se încrucişează în bulb)	Motilitate voluntară. Controlul motoneuronilor medulari	Neuronii piramidali din aria somato-motorie a lobului frontal, girul precentral	Axonii foarte lungi fac sinapsă direct cu motoneuronii medulari din coarnele anterioare	Toate căile motorii din măduvă, piramidale şi extrapiramidale, fac sinapsă cu motoneuronii medulari din coarnele anterioare ale substanţei cenuşii, care constituie *calea finală comună*. De aici, prin rădăcina anterioară a nervului spinal, apoi prin nervul spinal, axonii acestui motoneuron se distribuie la toate organele efectoare (muşchii striaţi)
Piramidal direct (cortico-spinal anterior)	În cordonul anterior (se încrucişează metameric în măduvă)	Motilitate voluntară. Controlul motoneuronilor medulari			
Tectospinal	În cordonul anterior	Motilitate automată (căi extrapiramidale)	Neuronii din coliculii cvadrigemeni	Axonii fac sinapsă direct cu motoneuronii medulari	
Rubrospinal	În cordonul lateral		Neuronii din nucleul roşu (regiunea subtalamică)		
Olivospinal	În cordonul anterior (se încrucişează în măduvă)		Oliva bulbară		
Reticulospinal	În cordonul lateral şi în cordonul anterior		Substanţa reticulată a trunchiului cerebral		

Poliomielita (paralizia infantilă, boală dispărută în Europa, inclusiv în ţara noastră, datorită vaccinării obligatorii) produce leziuni grave ale motoneuronului medular din coarnele anterioare, ceea ce determină, la nivelul medular afectat:

- paralizie flască a membrului inferior de partea lezată;
- hipotonie musculară a acestui membru;
- abolirea ROT la membrul paralizat (reamintim că motoneuronul medular distrus făcea parte din arcul reflex);
- atrofie musculară marcată la membrul afectat.

4.2.2. NERVII SPINALI *[The spinal nerves]*

Sunt reprezentaţi prin 31 de perechi şi sunt dispuşi simetric. Există 8 perechi de nervi cervicali, 12 perechi toracali, 5 perechi lombari, 5 perechi sacraţi şi o pereche de nervi coccigieni. Fiecare nerv spinal se formează prin unirea celor două rădăcini (una posterioară şi una anterioară) care pornesc din măduva spinării (fig. 4.14).

• **Rădăcina posterioară** conţine numai fibre senzitive (aferente), care sunt formate din dendritele şi axonii neuronilor grupaţi în ganglionul spinal, care se află aproximativ la jumătatea rădăcinii. Aceşti neuroni sunt senzitivi, pseudounipolari şi prin prelungirile lor informaţiile primite de la receptori se îndreaptă centripet, spre măduvă, unde rădăcina posterioară pătrunde prin şanţul postero-lateral. În măduvă fac sinapse în coarnele posterioare cu neuroni senzitivi, cu neuroni de asociaţie sau fac sinapse direct în coarnele anterioare cu motoneuronii medulari. Există şi unii axoni, mai lungi, care trec direct în cordonul posterior unde se constituie în fascicule ascendente (fasciculele Goll şi Burdach).

• **Rădăcina anterioară** iese din măduvă prin şanţul anterolateral şi conţine numai fibre motorii (eferente), reprezentate prin axonii motoneuronilor medulari din coarnele anterioare şi prin axonii neuronilor visceromotori din coarnele laterale. Axonii motoneuronilor medulari somatici formează fibre cu destinaţie spre muşchii striaţi scheletici, iar axonii neuronilor visceromotori formează fibre destinate musculaturii netede a viscerelor şi a vaselor sanguine. Deci rădăcina anterioară cuprinde şi fibre care transmit comenzi la musculatura somatică şi fibre care transmit comenzi la viscere.

Cele două rădăcini, după ieşirea din măduvă, se unesc formând *nervul spinal,* care în aceeaşi teacă (epinerv) va conţine:

– fibre somatosenzitive de la diferiţi receptori (cutanaţi, din tendoanele musculare, din articulaţii etc.). Aceste fibre sunt aferente şi conduc informa-

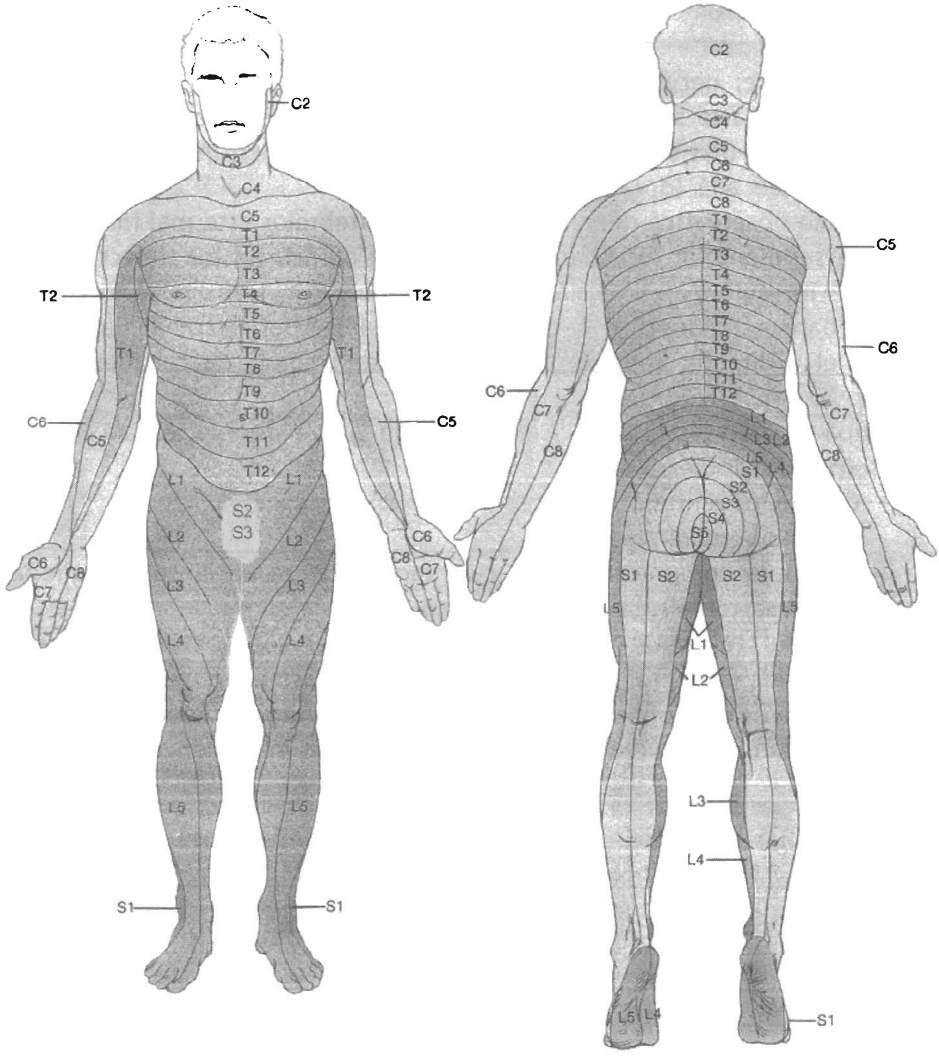


Fig. 4.14 – Teritoriile nervilor spinali cu dispoziția lor metamerică. Fața, fiind deservită de nervii cranieni, nu este inclusă în nici unul din aceste teritorii.

țiile centripet, spre coarnele posterioare ale măduvei spinării sau direct spre unul din fasciculele ascendente ale măduvei;

– fibre viscerosenzitive de la receptorii situați în organele interne și în vasele sanguine. Aceste fibre sunt tot aferente și duc informația spre neuronii vegetativi din coarnele laterale ale substanței cenușii;

– fibre somatomotorii care duc influxul nervos eferent, spre mușchii striați scheletici (la placa motorie terminală a mușchiului);

– fibre visceromotorii care duc influxul nervos eferent spre viscere şi vase sanguine.

Prin urmare, nervul spinal este un nerv mixt.

După un foarte scurt traiect, fiecare nerv spinal iese separat din canalul rahidian prin una din găurile intervertebrale (foramen intervertebral) de partea unde se află (dreapta sau stânga).

Trebuie observat că deoarece înălţimea vertebrelor este mai mare decât înălţimea segmentelor medulare, nervii spinali au scurtul lor traiect orizontal numai în regiunea cervicală. Apoi ei se înclină în jos, din ce în ce mai mult. Deoarece măduva se termină la nivelul L_2, nervii spinali iau de la acest nivel o direcţie aproape verticală, formând coada de cal menţionată anterior [→ 4.2.1 – MĂDUVA SPINĂRII].

După ce părăseşte canalul rahidian prin gaura intervertebrală, fiecare nerv spinal distribuie:

– o ramură ventrală

– o ramură meningeală

– o ramură comunicantă albă care face legătura cu lanţul ganglionar simpatic paravertebral.

La nivelul toracelui, distribuţia ramurilor nervilor spinali este metamerică datorită celor 12 perechi de nervi intercostali. În rest, din cauza anastomozelor dintre fibrele nervoase – provenite din mai multe segmente medulare – care realizează plexuri, dispoziţia metamerică a inervaţiei dispare.

4.2.3. TRUNCHIUL CEREBRAL *[The brain stem]*

Este prima porţiune din nevrax adăpostită în cutia craniană şi care continuă în sens cranial măduva spinării. El se află situat în fosa cerebrală posterioară şi se întinde de la gaura occipitală până la baza emisferelor cerebrale. Cuprinde trei segmente principale: bulbul rahidian, puntea (protuberanţa inelară, puntea Varolio) şi mezencefalul (din care fac parte pedunculii cerebrali şi coliculii cvadrigemeni = tectum). Aspectul exterior al trunchiului cerebral evocă o coloană cu două feţe: una antero-laterală, cealaltă posterioară (fig. 4.15).

Fiecare dintre cele trei segmente principale ale trunchiului cerebral conţine în substanţa cenuşie următoarele tipuri de nuclei: nuclei proprii, nuclei senzitivi, nuclei motori şi nuclei vegetativi (aceştia din urmă reprezintă originea reală a fibrelor preganglionare din sistemul parasimpatic cranian). Trebuie menţionat în plus că trunchiul cerebral conţine şi alte formaţiuni

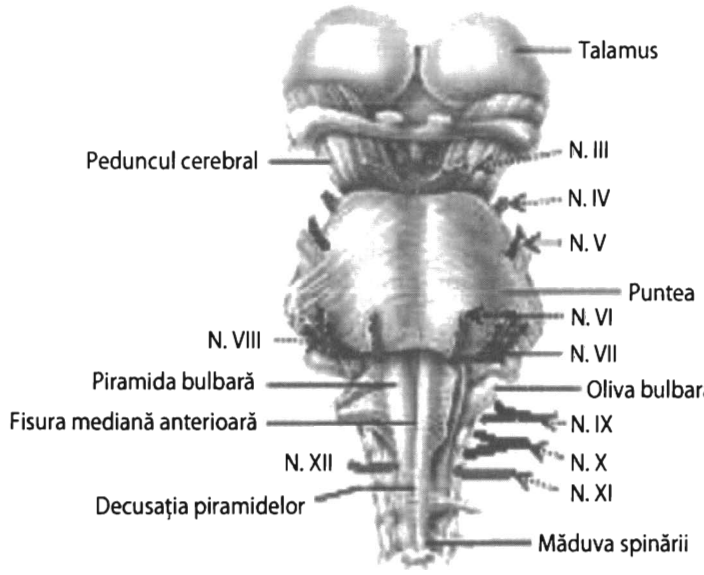


Fig. 4.15 – Trunchiul cerebral, faţa ventrală, cu originea aparentă a unor nervi cranieni. N.III = n. oculomotor; N.IV = n. trohlear; N.V = n. trigemen; N.VI = n. abducens; N.VII = n. facial: N.VIII = n. acustico-vestibular (vestibulo-cohlear); N.IX = n. glosofaringian; N.X = n. vag; N.XI = n. accesor; N.XII = n. hipoglos.

cenuşii care alcătuiesc două sisteme funcţionale: nucleii formaţiei reticulate şi nucleii extrapiramidali. Între aceste structuri există interrelaţii strânse.

Nucleii extrapiramidali ai trunchiului cerebral sunt staţii de întrerupere a căilor extrapiramidale pornite de la cortexul cerebral sau cerebelos. Rolul acestor formaţiuni constă în reglarea mişcărilor comandate voluntar sau a celor automate, a tonusului muscular, a echilibrului şi a posturii individului. În realizarea funcţiilor complexe enumerate, participă aferenţe vestibulare, proprioceptive, vizuale şi exteroceptive.

Există un sistem hipertonizant de creştere a tonusului muscular, localizat în partea inferioară a trunchiului cerebral şi un sistem hipotonizant de inhibiţie a tonusului muscular cu localizare superioară. Secţiunea axului cerebrospinal în spatele coliculilor cvadrigemeni superiori este urmată de creşterea exagerată a tonusului muşchilor extensori = rigiditatea de decerebrare. Aceste fenomene se datoresc suprimării influenţelor hipotonizante.

Ca **funcţii de conducere**, trunchiul cerebral este străbătut de căile ascendente ale sensibilităţii şi căile descendente ale motricităţii.

- **Căile ascendente** ale trunchiului cerebral sunt:
  - fasciculul spinotalamic anterior;
  - fasciculul spinotalamic lateral, ambele urcând spre talamus;

– fasciculul spinocerebelos ventral (încrucişat, Gowers) care străbate toate etajele trunchiului, ajungând în cerebel prin pedunculii cerebeloşi superiori;

– fasciculul spinocerebelos dorsal (direct, Flechsig) care străbate bulbul şi ajunge la cerebel prin pedunculii cerebeloşi inferiori;

– lemniscul medial, care se formează de la nucleii Goll şi Burdach din bulb şi sfârşeşte în talamus.

• **Căile descendente** sunt piramidale şi extrapiramidale.

~ **Căile piramidale** ajunse în partea inferioară a bulbului se comportă diferit:

– cea mai mare parte a fibrelor (75-90%) se încrucişează la nivelul bulbului, formând *decusaţia piramidală* şi apoi *fasciculul piramidal încrucişat* (corticospinal lateral), care ajunge în cordonul lateral al măduvei;

– 10-25% din fibrele fasciculului piramidal nu se încrucişează la nivelul bulbului şi alcătuiesc *fasciculul piramidal direct* (corticospinal ventral), care ajunge în cordonul anterior al măduvei, încrucişându-se în măduvă înainte de a intra în cornul anterior (încrucişare metamerică) unde face sinapsă cu motoneuronul medular.

~ **Căile extrapiramidale,** în funcţie de originea lor, străbat toate etajele trunchiului sau numai bulbul. Fasciculele principale sunt: rubrospinal, olivospinal, vestibulospinal, reticulospinal şi tectospinal.

• În afara căilor ascendente şi descendente în trunchiul cerebral există şi **fascicule de asociaţie,** care leagă între ei nucleii din trunchiul cerebral.

4.2.3.1. BULBUL RAHIDIAN *[Medulla oblongata].* Se dezvoltă din mielencefal şi continuă – în sens cranial – măduva spinării, întinzându-se de la gaura occipitală până la şanţul bulbo-pontin.

La exterior, pe faţa antero-laterală prezintă un şanţ longitudinal (fisura mediană anterioară), care separă două coloane longitudinale (piramidele bulbare). În treimea inferioară a acestora se poate observa încrucişarea fasciculelor piramidale (decusaţia piramidelor) unde fibrele motorii din dreapta trec în partea stângă şi invers. Lateral de piramide se află şanţurile laterale bulbare, care le separă de olivele bulbare (situate în porţiunea cranială a bulbului). Pe faţa posterioară se continuă cordoanele posterioare medulare, separate prin şanţul median posterior. Din părţile laterale se înalţă pedunculii cerebeloşi inferiori, străbătuţi de fascicule de fibre reprezentate prin: fasciculul spinocerebelos direct (dorsal, Flechsig), fasciculul olivo-cerebelos, fasciculul vestibulo-cerebelos (toate trei aferente spre cerebel) şi fasciculul fastigio-bulbar (eferent) [→ Tabelul 4.5 – Structura celor trei perechi de pedunculi cerebeloşi].

În bulb există următorii **nuclei** (grupuri de neuroni specializați pe anumite funcții):

• **Nucleii bulbari proprii** sunt: centrul inspirator, centrul expirator, centrul cardioinhibitor, centrii vasomotori; nucleii Goll şi Burdach (care sunt stații pe traseul căii sensibilității tactile fine [epicritice] şi a sensibilității proprioceptive conştiente); nucleul olivar (care este stație pe traseul căilor extrapiramidale).

• **Nucleii bulbari senzitivi:** nucleii care conțin deutoneuronii unde fac sinapsă fibrele aferente ale nervilor cranieni şi anume: n. vag (X); n. glosofaringian (IX); ramura vestibulară a n. vestibulo-cohlear (VIII) (= nucleul vestibular din bulb); n. facial (VII), n. trigemen (V).

• **Nucleii bulbari motori**: nucleii reprezentând originea reală pentru fibrele motorii ale următorilor nervi cranieni: n. hipoglos (XII); n. accesor (XI); n. vag (X) – care are nucleul ambiguu pentru fibrele motorii somatice; n. glosofaringian (IX) – care are tot nucleul ambiguu pentru fibrele motorii somatice, distribuite la mușchii constrictori ai faringelui.

• **Nucleii bulbari vegetativi** sunt reprezentați prin: nucleul dorsal al vagului (X) pentru fibrele parasimpatice preganglionare ale acestui nerv;

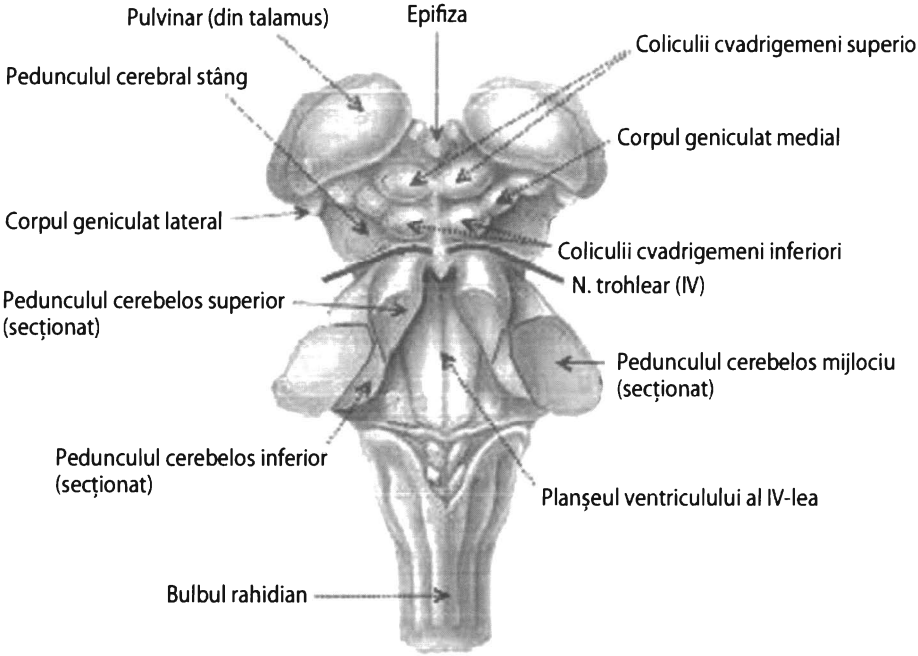


Fig. 4.16 – Trunchiul cerebral, fața dorsală. Se observă că singura pereche de nervi cranieni care are originea aparentă pe fața dorsală a trunchiului cerebral este cea a nervului trohlear (IV).

nucleul salivator inferior pentru fibrele parasimpatice preganglionare ale n. glosofaringian (IX).

Reflexele cu sediul în bulb sunt localizate în substanţa cenuşie şi includ:

- reflexul somatic de deglutiţie;
- reflexe vegetative cu rol vital: reflexe respiratorii; reflexe adaptative cardiovasculare.

4.2.3.2. PUNTEA (PUNTEA VAROLIO; PROTUBERANŢA INELARĂ) ***[Pons].*** Se dezvoltă din metencefal şi are forma unei jumătăţi de colac, aşezat transversal pe faţa anterolaterală a trunchiului cerebral. Limitele ei sunt: caudal, şanţul bulbo-pontin (care o separă de bulb); cranial, şanţul ponto-peduncular (care o separă de mezencefal). Lateral, puntea se continuă cu pedunculii cerebeloşi mijlocii, prin care trece fasciculul cortico-ponto-cerebelos.

În punte există următorii nuclei:

- **Nucleii pontini proprii** sunt centrul respirator apneustic împreună cu centrul pneumotaxic [→ Cap. 6.5.3 – REGLAREA RESPIRAŢIEI] şi centrii cardiovasculari din substanţa reticulată.
- **Nucleii pontini senzitivi**: nucleii cohleari unde se află deutoneuronul nervului cohlear (VIII); nucleul senzitiv principal al n. trigemen (V).
- **Nucleii pontini motori**: cel al n. facial (VII); al n. abducens (VI); al n. trigemen (V).
- **Nucleii pontini vegetativi**: nucleul salivator superior şi nucleul lacrimal pentru fibrele parasimpatice preganglionare ale n. facial (VII). Acest nerv asigură inervaţia glandelor salivare submaxilară şi sublinguală precum şi cea a glandelor lacrimale.

Reflexele cu sediul în punte sunt:

- somatice: reflexul masticator, reflexul de clipire;
- vegetative: unele reflexe respiratorii şi cardiovasculare; reflexele salivare pentru glandele submaxilare şi sublinguale; reflexul de lăcrimare.

4.2.3.3. MEZENCEFALUL ***[Midbrain].*** Este segmentul cuprins între şanţul ponto-peduncular şi diencefal. Include pedunculii cerebrali şi coliculii cvadrigemeni (tectum). Pe faţa ventrală (anterioară) se disting cei doi *pedunculi cerebrali*, care se continuă în sens cranial cu diencefalul. Pe faţa dorsală (posterioară) apar cei patru coliculi cvadrigemeni (care alcătuiesc *tectum*-ul). Cei doi coliculi superiori reprezintă un nod reflex pe calea optică; cei doi inferiori formează un centru reflex pe calea acustică. De la tectum pleacă fasciculul tecto-spinal, aparţinând sistemului extrapiramidal. Tot de pe faţa posterioară se înalţă cei doi pedunculi cerebeloşi superiori, cuprinzând fasciculul spinocerebelos încrucişat (Gowers), fasciculul tecto-cerebelos (ambele aferente spre cerebel), fasciculul dento-rubric şi fasciculul

dento-talamic (ambele eferente de la nucleul dințat al cerebelului). Porțiunea ventrală a mezencefalului este *tegmentum*.

În mezencefal există următorii nuclei:

• **Nucleii mezencefalici proprii:** substanța neagră *(Locus niger)* cu rol în mecanismul veghe-somn (împreună cu anumite zone din scoarța cerebrală și cu hipotalamusul); nucleul roșu, component al sistemului extrapiramidal, cu efect inhibitor asupra tonusului muscular.

• **Nucleii mezencefalici senzitivi:** nucleul senzitiv al tractului mezencefalic al n. trigemen (V).

• **Nucleii mezencefalici motori:** nucleul n. oculomotor (III); nucleul n. trohlear (IV).

• **Nucleii vegetativi:** nucleul accesor al n. oculomotor (originea reală a fibrelor parasimpatice preganglionare).

Reflexele cu sediul în mezencefal sunt:

– somatice: reflexele statice și statokinetice cu rol în menținerea posturii și în efectuarea mișcărilor automate legate de mișcare (dirijate de centrii extrapiramidali); reflexele de orientare vizuală și auditivă (întoarcerea capului în direcția unui excitant puternic luminos sau sonor);

– vegetative: reflexul pupilar fotomotor (mioză la lumină); reflexul de acomodare-convergență (mioză la apropiere) [→ Cap. 5.2.3 – CALEA OPTICĂ].

Funcția de conducere a trunchiului cerebral se efectuează prin substanța albă care conține fascicule de fibre ascendente (axoni ai unor neuroni senzitivi) și fascicule de fibre descendente (axoni ai unor neuroni motori). O parte din aceste fascicule se continuă cu cele descrise în cordoanele albe din măduva spinării. Pe lângă acestea mai apar fibre aferente de la nucleii senzitivi bulbo-mezencefalici și fibre eferente care descind din centrii nervoși superiori sau pornesc chiar din trunchiul cerebral. Mai există fibre de asociație care fac legătura între nucleii trunchiului cerebral și fibrele din pedunculii cerebeloși, prin care nucleii trunchiului cerebral stabilesc legături aferente și eferente cu cerebelul.

4.2.3.4. FORMAȚIA RETICULATĂ A TRUNCHIULUI CEREBRAL *[Formatio reticularis; Reticular activating system (RAS)].* Formația reticulată reprezintă un ansamblu de nuclei și conexiuni nervoase, ce se întinde din bulb până în diencefal. La aceşti nuclei sosesc colaterale ale căilor ascendente ce conduc spre scoarța cerebrală sensibilitatea extero-, proprio- și interoceptivă. De la formația reticulată pornesc atât căi ascendente *reticulo-talamo-corticale* ce se distribuie difuz și *simetric* la *cele două emisfere* cerebrale, cât și căi *descendente, reticulo-spinale* spre motoneuronii gamma din coarnele anterioare ale măduvei spinării. La nivelul formației reticulate s-au evidențiat trei sisteme funcționale:

– *un sistem reticulat activator ascendent* (S.R.A.A.), ce determină reacţia de trezire *corticală,* creşte atenţia, acuitatea simţurilor şi puterea de muncă intelectuală;

– *un sistem reticulat descendent facilitator,* ce determină exaltarea reflexelor spinale şi creşterea tonusului muscular (hipertonie);

– *un sistem reticulat descendent inhibitor,* ce produce diminuarea reflexelor spinale şi scăderea tonusului muscular (hipotonie). Activitatea formaţiei reticulate, în ansamblu, depinde de aferenţele ce vin de la organele de simţ şi de la scoarţa cerebrală. Formaţia reticulată participă la realizarea celor mai complexe funcţii ale creierului ca gândirea, conştienţa, memoria şi învăţarea, precum şi la reglarea ritmului somn-veghe.

• **Veghea** este o stare funcţională a creierului, caracterizată prin orientarea spre o anumită activitate. Veghea este datorată intrării în funcţie a S.R.A.A.

Starea de veghe la om se confundă cu starea de conştienţă. În acest timp individul efectuează toate activităţile voluntare, trăieşte majoritatea experienţelor afective. Veghea nu poate dura indefinit. Normal, după 12-14 ore de veghe, creierul trece într-o altă stare funcţională, somnul.

• **Somnul** se datorează reducerii nivelului funcţional al S.R.A.A. El reprezintă o perioadă de odihnă şi de recuperare pentru activităţile fizice şi psihice ale organismului. Starea de conştienţă, deci analiza conştientă a stimulilor extero-, proprio- şi interoceptivi, ca şi activitatea voluntară sunt temporar suprimate. Funcţiile vitale sunt menţinute, dar toate trec la un ritm încetinit: ritmul cardiac, frecvenţa respiratorie, diureza, metabolismul bazal - toate sunt diminuate în timpul somnului. Excitaţiile de intensitate mică pot să nu întrerupă somnul, cele puternice însă îl alungă (zgomote mari, dureri intense, proiectarea unei lumini foarte puternice asupra regiunii oculare).

Există două feluri de somn: somnul *profund* sau *normal,* fără vise, şi *somnul paradoxal,* însoţit de vise şi mişcări rapide ale globilor oculari. Fazele de somn normal şi paradoxal se succedă de mai multe ori în cursul somnului. Primele durează câte 90 de minute, celelalte câte 10 minute. Trezirea individului se face mai greu în faza de somn paradoxal decât în cea de somn normal sau profund.

În prezent, se descriu două faze în timpul somnului, diferenţiate pe criteriul mişcărilor globilor oculari şi al înregistrărilor electroencefalografice:

~ **Somnul însoţit de mişcări lente ale ochilor** *(non-rapid eye movement = NREM sleep)* denumit şi somn sincronizat (S). Pe baza examenelor electroencefalografice, acesta este subdivizat în 4 stadii:

– stadiul 1 apare imediat după instalarea somnului şi este caracterizat în EEG prin unde de voltaj mic, cu frecvenţa de 4-7 hertzi/secundă;

– stadiul 2 apare pe traseul EEG cu unde de 12-16 hertzi/secundă, denumite „fusuri ale somnului";

– în stadiile 3 şi 4 apar unde înalte, cu unde de 1-2 hertzi/secundă.

Aceste modificări sugerează că în faza NREM are loc recuperarea după o activitate fizică sau după o perioadă prelungită a stării de veghe.

~ Somnul cu mişcări rapide ale ochilor *(rapid eye movement = REM sleep)* denumit şi somn desincronizat (D) apare după circa 90 de minute de la instalarea somnului, la început pe perioade scurte, apoi tot mai lungi, în detrimentul fazelor NREM, care se răresc şi se scurtează din ce în ce mai mult. Spre finalul somnului, faza REM – instalată în totalitate – este însoţită de apariţia viselor. Tot în această fază însă pot surveni unele fenomene patologice severe, apărute în timpul somnului, cum ar fi: convulsii, contracturi musculare involuntare ritmice (în epilepsia morfeică), infarctul miocardic, unele tulburări de ritm cardiac.

În timpul somnului, sistemele funcţionale encefalice sunt reechilibrate.

Ritmul somn-veghe *[Wakefulness and sleep alternation]* este unul dintre bioritmurile fundamentale ale organismului, important pentru activitatea somatică şi foarte important pentru activitatea psihică, conştientă.

4.2.4. NERVII CRANIENI *[Cranial nerves]*

Sunt 12 perechi de nervi cranieni, cu funcţii diferite. Numerotarea lor este internaţională şi în ordine cranio-caudală (fig. 4.17).

I. N. olfactiv *[Olfactory nerve].* Nerv senzitiv, conducând informaţiile olfactive.

Receptorii sunt reprezentaţi de neuronii bipolari din mucoasa nazală olfactivă. Axonii acestor neuroni traversează lama ciuruită a osului etmoid, ajungând în bulbul olfactiv, unde fac prima sinapsă [→ Fig. 5.19]. Axonii celui de al doilea neuron alcătuiesc tractul olfactiv, care conduce influxul nervos spre aria olfactivă a scoarţei cerebrale, situată în girul hipocampic [→ 'Calea olfactivă' în cap. 5.6 – ANALIZATORUL OLFACTIV].

II. N. optic *[Optic nerve].* Nerv senzitiv, conducând informaţiile vizuale.

Originea lui se află în retina globului ocular şi anume în neuronii multipolari, situaţi în partea cea mai internă a retinei. Axonii acestor neuroni, înmănunchiaţi, formează nervul optic, care iese din globul ocular în zona fără receptori, denumită pata oarbă a ochiului. Cei doi nervi optici (dreptul şi stângul) părăsesc orbita prin canalul optic de partea respectivă, apoi se

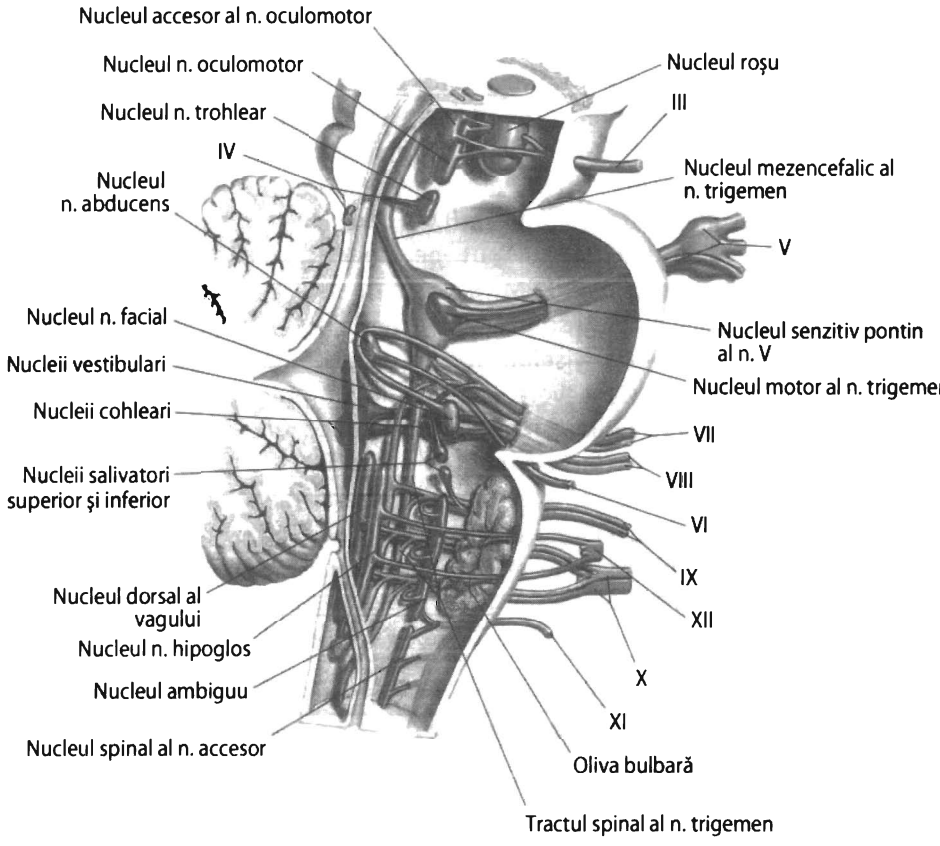


Fig. 4.17 – Nucleii nervilor cranieni din trunchiul cerebral (originea reală). III = n. oculomotor; IV = n. trohlear; V = n. trigemen; VI = n. abducens; VII = n. facial; VIII = n. acustico-vestibular (vestibulo-cohlear); IX – n. glosofaringian; X = n. vag; XI = n. accesor; XII = n. hipoglos.

încrucişează formând chiasma optică, prin care fasciculul de fibre nervoase provenit din jumătatea medială a ochiului stâng (fasciculul nazal stâng) trece de partea opusă şi se alătură fasciculului provenit din jumătatea laterală a ochiului drept (fasciculul temporal drept). La fel se întâmplă şi în partea cealaltă. În continuare, se formează cele două tracturi optice (drept şi stâng). Axonii din aceste tracturi fac sinapsă în corpul geniculat lateral din metatalamus, de unde impulsul nervos se transmite până la aria vizuală situată pe marginile şanţului calcarin din lobul occipital [→ 'Calea optică' în cap. 5.2 – ANALIZATORUL VIZUAL ŞI STRUCTURA OCHIULUI].

III. N. oculomotor *[Oculomotor nerve].* Nerv motor somatic şi motor vegetativ parasimpatic.

Originea reală pentru fibrele motorii se află în nucleul oculomotor din mezencefal, iar pentru fibrele parasimpatice în nucleul oculomotor accesor. Originea aparentă: nervul părăseşte trunchiul cerebral pe faţa ventrală, prin spaţiul interpeduncular.

Distribuţie: fibrele somatice la muşchiul ridicător al pleoapei superioare, m. drept superior, m. drept intern, m. drept inferior, m. oblic inferior (ultimii 4 sunt muşchi ai globului ocular); fibrele parasimpatice la sfincterul pupilar (fibrele musculare circulare ale irisului, producând mioză) şi la muşchii ciliari (pentru reflexul de acomodare la obiecte apropiate).

IV. N. trohlear *[Trochlear nerve].* Nerv motor somatic.

Originea reală: nucleul mezencefalic. Originea aparentă: iese pe sub coliculii cvadrigemeni, pe faţa dorsală a trunchiului cerebral. (*De reţinut:* este singura pereche de nervi cranieni care părăseşte trunchiul cerebral pe faţa dorsală a acestuia). Destinaţie: inervează muşchiul mare oblic al globului ocular.

V. N. trigemen *[Trigeminal nerve]* cu trei ramuri:

– N. oftalmic *[ophthalmic nerve].* Nerv senzitiv pentru sensibilitatea generală.

Originea aparentă (care este aceeaşi pentru toate cele trei ramuri ale trigemenului): pătrunde în trunchiul cerebral lateral de piramidele punţii.

N. oftalmic culege excitaţii de la pielea frunţii, nasului şi pleoapelor, de la globul ocular, glanda lacrimală, mucoasa nazală. Se uneşte cu celelalte ramuri senzitive ale trigemenului în ganglionul trigeminal (Gasser), pătrunzând în trunchiul cerebral împreună cu fibrele motorii. Nucleul terminal se află în punte.

– N. maxilar *[maxillary nerve]*. Nerv senzitiv pentru sensibilitate generală.

Culege excitaţii de la pielea feţei şi scalpului şi din mucoasa nazală. Se uneşte cu celelalte ramuri în ganglionul trigeminal, toate având aceeaşi intrare comună în punte. Nucleul terminal se află tot în punte.

– N. mandibular *[mandibular nerve].* Nerv mixt, având fibre senzitive şi motorii somatice.

Fibrele senzitive (pentru sensibilitate generală) culeg excitaţii de la mucoasa bucală, gingia şi arcada dentară inferioară. Se unesc cu fibrele senzitive ale celorlalte ramuri în ganglionul trigeminal, continuându-şi drumul împreună. Nucleul terminal senzitiv se află în punte.

Fibrele motorii somatice au originea reală (nucleul motor) în punte; originea aparentă este aceeaşi cu celelalte două ramuri ale nervului. Destinaţie: inervează musculatura masticatorie.

VI. N. abducens *[Abducens nerve].* Nerv motor somatic, cu nucleul (originea reală) în punte, iar originea aparentă la ieşirea prin şanţul bulbo-pontin, pe faţa ventrală a trunchiului cerebral. Asigură contracţia voluntară a m. drept lateral al globului ocular.

VII. N. facial *[Facial nerve].* Nerv mixt având fibre motorii somatice, fibre senzoriale şi fibre motorii vegetative parasimpatice. Ultimele două tipuri de fibre, înmănunchiate în aceeaşi teacă formează o ramură numită nervul intermediar sau VII-bis.

Componenta motorie somatică are nucleul (originea reală) în punte, iese prin acelaşi loc împreună cu fibrele senzitive (originea aparentă: prin şanţul bulbo-pontin, pe faţa anterioară a trunchiului cerebral) şi inervează musculatura mimicii. Componenta senzorială culege excitaţiile gustative (percepute de receptorii gustativi din papilele linguale) din cele 2/3 anterioare ale limbii, pătrunde în trunchiul cerebral prin zona menţionată şi conduce sensibilitatea gustativă spre un nucleu bulbar unde face sinapsă, apoi spre talamus (a doua sinapsă) şi – în final – spre zona gustativă din girul postcentral (în lobul parietal) [→ 'Calea gustativă' în cap. 5.7. – ANALIZATORUL GUSTATIV]. Fibrele motorii parasimpatice au originea reală în punte, părăsesc trunchiul cerebral împreună cu toate celelalte fibre ale nervului şi au ca destinaţie glandele salivare submaxilare şi sublinguale precum şi glanda lacrimală.

VIII. N. acustico-vestibular *[Vestibulocochlear nerve]* cu două ramuri:

– n. cohlear (acustic) *[cochlear nerve].* Nerv senzitiv, cu originea în ganglionul Corti din cohlee (în urechea internă). Pătrunde în trunchiul cerebral (originea aparentă) prin şanţul bulbo-pontin, ajunge la nucleul cohlear pontin, unde face sinapsă. Apoi impulsul generat de vibraţiile sonore ajunge la corpul geniculat medial, unde face a doua sinapsă, fiind în continuare condus spre aria auditivă primară, în girusul temporal superior [→ 'Calea auditivă' în cap. 5.3 – ANALIZATORUL AUDITIV ŞI STRUCTURA URECHII];

– n. vestibular *[vestibular nerve].* Nerv senzitiv, cu originea în ganglionul Scarpa din urechea internă (acest ganglion primeşte ramuri de la canalele semicirculare, utriculă şi saculă). Fibrele nervului vestibular se alătură nervului cohlear, pătrunzând prin acelaşi loc cu acesta în trunchiul cerebral (şanţul bulbo-pontin), apoi ajung la nucleii vestibulari din bulb şi punte, unde fac sinapsă. Ulterior impulsul nervos este condus – prin fasci-

cule diferite – spre scoarța cerebrală, spre cerebel și spre tracturile (fasciculele) vestibulo-spinale din cordonul anterior și cordonul lateral al măduvei spinării [→ 'Calea vestibulară' în cap. 5.4 – ANALIZATORUL VESTIBULAR].

IX. N. glosofaringian *[Glossopharyngeal nerve]*. Nerv mixt senzitiv, motor somatic și motor vegetativ parasimpatic.

Pentru fibrele senzitive, originea se află în receptorii gustativi din 1/3 posterioară a limbii, amigdale și faringe. Nervul pătrunde în bulb prin șanțul retroolivar al acestuia (originea aparentă). Informațiile gustative sunt conduse spre nucleul bulbar, unde se află prima sinapsă. Apoi continuă calea spre talamus (unde are o nouă sinapsă), ajungând de acolo, în final, în aria gustativă din partea inferioară a girusului postcentral (în lobul parietal).

Fibrele motorii somatice au originea reală în nucleul ambiguu din bulb. Aceste fibre ies împreună cu cele senzitive din bulb (originea aparentă), apoi se distribuie la mușchii faringelui, având rol în deglutiție.

Fibrele motorii parasimpatice au originea reală în nucleul salivator inferior din bulb. Aceste fibre ies împreună cu toate celelalte fibre ale nervului și determină secreția salivară a glandei parotide.

X. N. vag *[Vagus nerve].* Cel mai lung dintre nervii cranieni. Nerv mixt, senzitiv (exteroceptiv și visceroceptiv) și motor (somatic și vegetativ parasimpatic).

Fibrele senzitive exteroceptive culeg informații de la conca urechii și mucoasa laringelui. Cele visceroceptive de la trahee, bronhii, plămâni, pleură, esofag, stomac. Nucleul terminal pentru aceste fibre aferente este nucleul senzitiv al vagului din bulb (unde neuronii senzitivi fac sinapsă).

Originea reală: pentru fibrele motorii somatice: nucleul ambiguu din bulb; pentru fibrele motorii parasimpatice: nucleul dorsal al vagului din bulb. Originea aparentă: iese din trunchiul cerebral prin șanțul retroolivar, pe fața laterală a bulbului.

Ramurile motorii se distribuie la mușchii palatului moale, mușchii constrictori ai faringelui, mușchii laringelui, ai bronhiilor, la miocard, la mușchii netezi ai esofagului, ai stomacului, ai căilor biliare, ai jejuno-ileonului și ai jumătății drepte (proximale) a colonului. Pe calea nervului vag, fibrele sistemului parasimpatic cranian ajung la toate aceste organe efectoare, ducând comenzile de la centrii vegetativi din trunchiul cerebral.

XI. N. accesor *[Accessory nerve].* Nerv motor somatic.

Originea reală: nucleul ambiguu din bulb. Originea aparentă: părăsește trunchiul cerebral prin șanțul retroolivar (pe fața laterală a bulbului).

Destinație: inervația mușchilor sternocleidomastoidieni și trapez.

XII. N. hipoglos *[Hypoglossal nerve].* Nerv motor somatic.

Originea reală: nucleul hipoglosului din bulb. Originea aparentă: iese din trunchiul cerebral prin şanţul preolivar, pe faţa anterioară a bulbului.

Destinaţie: muşchii limbii.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA NERVILOR CRANIENI *[Applications to the cranial nerves pathology]*

Paraliziile globilor oculari modifică paralelismul axelor ochilor. Paralizia unuia dintre nervii oculomotori (III) produce un strabism divergent (axele ochilor tind să se îndepărteze). Paralizia unuia dintre nervii abducens (VI) este urmată de un strabism convergent (axele ochilor tind să se apropie).

Paralizia periferică a n.facial (VII) apare în unele neuroviroze (este favorizată de frig) şi se caracterizează prin imobilitatea unei jumătăţi a feţei cu dispariţia şanţurilor de partea paralizată, faţă asimetrică cu comisura bucală trasă de partea sănătoasă, imposibilitatea de a închide ochiul de partea afectată (se instalează şi o lăcrimare). Bolnavul nu poate fluiera.

4.2.5. DIENCEFALUL *[Diencephalon]*

Este porţiunea din nevrax, bogată în centri nervoşi, care face legătura între mezencefal şi emisferele cerebrale. Se află situat în jurul ventriculului al III-lea şi fiecare jumătate a sa este delimitată prin şanţul hipotalamic în două părţi: una dorsală, unde se află epitalamusul, talamusul dorsal şi metatalamusul şi una ventrală conţinând talamusul ventral şi hipotalamusul.

4.2.5.1. EPITALAMUSUL *[Epithalamus],* situat în regiunea dorsală a diencefalului este format din glanda epifiză (glanda pineală), două habenule (= cordoane care leagă epifiza de hipotalamus, denumite şi „frâul epifizei") şi *stria medularis* (un fascicul compact de fibre de legătură). Epifiza secretă *melatonina,* hormon produs mai ales la întuneric (deci noaptea), cu rol în reglarea ciclului de somn.

4.2.5.2. TALAMUSUL *[Thalamus],* alcătuit dintr-o parte dorsală şi una ventrală, este cel mai mare centru diencefalic. În structura lui intră mai mulţi nuclei nervoşi, unde se realizează conexiuni între diferitele formaţiuni ale nevraxului. Talamusul este cea mai importantă staţie de legătură pentru căile aferente ale sensibilităţilor specifice. Grupele de neuroni din talamus se clasifică astfel:

– nuclei de releu senzorial, unde ajung informații specifice (de la receptorii tactili, termici, dureroşi, auditivi, vestibulari, gustativi). Aceste informații sunt ulterior dirijate spre centrii corticali corespunzători;

– nuclei de releu secundar care primesc aferențe de la alte structuri anatomice cerebrale şi trimit eferențe spre diferite zone ale cortexului motor;

– nuclei de asociație care trimit informații spre zonele de asociație corticale.

Deci aici, unde se află localizat cel de-al treilea neuron al căilor senzitive fac sinapsă fibrele fasciculelor ascendente care conduc impulsurile de la nivelul receptorilor. De menționat că fac excepție calea olfactivă şi calea optică, acestea neavând relee în talamus, iar fibrele viscerosenzitive au mai întâi o sinapsă în hipotalamus şi după aceea ajung în talamus.

4.2.5.3. METATALAMUSUL *[Metathalamus].* Este situat în partea dorsală a diencefalului şi cuprinde:

– doi corpi geniculați laterali (drept şi stâng), care sunt stație de releu pe calea optică [→ Cap. 5.2 – ANALIZATORUL VIZUAL] şi

– doi corpi geniculați mediali (drept şi stâng), care sunt stație de releu pe calea auditivă [→ Cap. 5.3 – ANALIZATORUL AUDITIV].

4.2.5.4. HIPOTALAMUSUL *[Hypothalamus].* Se află la baza diencefalului, formând planşeul ventriculului al III-lea. Are conexiuni cu scoarța cerebrală, cu hipofiza posterioară (lobul posterior al glandei hipofizare) prin tija hipofizară şi cu hipofiza anterioară (lobul anterior al glandei hipofizare) prin sistemul port hipofizar. Cuprinde următorii nuclei:

• Nucleii anteriori, care secretă hormoni ce se transmit prin tija hipofizară şi se depozitează în hipofiza posterioară. Aceştia sunt hormonul antidiuretic (ADH) şi oxitocina (ocitocina), hormon stimulant al contracțiilor muşchiului uterin;

• Nucleii mijlocii, care produc următorii hormoni (factori) cu acțiune stimulantă asupra hipofizei anterioare (care, la rândul ei, va secreta hormonii corespunzători):

– factorul (hormonul) eliberator ***(releasing factor)*** de hormon tireotrop;

– factorul (hormonul) eliberator de hormon gonadotrop;

– factorul (hormonul) eliberator de prolactină;

– factorul (hormonul) eliberator de hormon somatotrop;

– factorul (hormonul) inhibitor de hormon somatotrop. Poartă numele de somatostatină;

– factorul (hormonul) eliberator de corticotrofină (de ACTH).

• Nucleii posteriori, care au acțiune simpatică, determinând reacții adaptative de termoreglare (produc creşterea temperaturii corporale).

FIZIOLOGIA HIPOTALAMUSULUI. Hipotalamusul reprezintă centrul superior de integrare, reglare şi coordonare a funcţiilor principale ale organismului (circulaţie, respiraţie, digestie, metabolism, secreţii interne, echilibrul hidric etc.) şi, de aceea, este considerat *creierul vegetativ al organismului.* Prin legăturile strânse pe care le are cu scoarţa cerebrală, în special cu sistemul limbic, hipotalamusul participă la integrarea vegetativo-somatică şi la elaborarea reacţiilor instinctive şi emoţionale.

Principalele funcţii ale hipotalamusului sunt:

– *coordonarea sistemului nervos vegetativ,* simpatic şi parasimpatic. Excitarea hipotalamusului anterior este urmată de efecte parasimpatice, iar a celui posterior de efecte simpatice;

– *coordonarea sistemului endocrin,* prin produşii de neurosecreţie elaboraţi de neuronii hipotalamici şi care reglează funcţia hipofizei;

– *reglarea metabolismelor intermediare;*

– *reglarea echilibrului hidric* al organismulul prin centrii setei şi secreţia de hormon antidiuretic (ADH, vasopresină);

– *reglarea echilibrului osmotic* al organismului (osmoreglare). În hipotalamus se află receptorii sensibili la variaţiile presiunii osmotice ale mediului intern. Atunci când presiunea osmotică creşte, se comandă secreţia de vasopresină, care stimulează reabsorbţia apei la nivelul rinichiului şi, în consecinţă, are loc scăderea presiunii osmotice;

– *reglarea echilibrului energetic* al organismului, prin centrii foamei şi ai saţietăţii. Când concentraţia sanguină a substanţelor energetice creşte, este excitat centrul saţietăţii şi ingestia de alimente încetează. Când substanţele energetice din sânge scad, este excitat centrul foamei, care determină ingestie de alimente;

– *termoreglare:* în hipotalamus se află centrii termogenetici, care se activează la scăderea temperaturii sângelui şi centrii termolitici, care se activează la creşterea ei. Centrii termoenergetici (din hipotalamusul posterior) determină creşterea activităţii metabolice şi apariţia frisonului muscular care duce la încălzirea corpului, iar centrii termolitici (din hipotalamusul anterior) produc vasodilataţie cutanată şi sudoraţie, reacţii ce contribuie la răcirea organismului.

– *Reglarea ritmului somn-veghe.* Hipotalamusul participă alături de alte structuri diencefalo-mezencefalice la reglarea excitaţiei şi inhibiţiei scoarţei cerebrale.

– *Reglarea unor acte de comportament (alimentar, sexual, agresiv şi de apărare).* În experimentele pe animale, excitarea anumitor zone hipotalamice determină reacţii de teamă şi fugă din partea animalului, în timp ce excitarea altor zone este urmată de reacţii de falsă turbare etc.

4.2.6. NUCLEII CENUŞII CENTRALI (NUCLEII BAZALI; GANGLIONII BAZALI; CORPII STRIAŢI) *[Basal ganglia]*

Se dezvoltă din telencefal şi constau din două mase de substanţă cenuşie (una dreaptă, una stângă), situate la baza emisferelor cerebrale, deasupra şi lateral faţă de talamus. Având pe secţiune un aspect caracteristic (substanţa albă alternând cu substanţa cenuşie), au fost denumite şi *corpii striaţi,* care sunt alcătuiţi după cum reiese din → Tabelul 4.4.

Conexiunile corpilor striaţi: ei primesc fibre aferente de la anumite zone ale scoarţei cerebrale, de la talamus şi hipotalamus, de la nucleul roşu, locus niger şi substanţa reticulată din mezencefal. Emit fibre eferente pentru căile extrapiramidale, având rol în mişcările automate, dozarea şi „rotunjirea" mişcărilor voluntare comandate de aria somatomotorie din girul precentral, menţinerea posturii corpului atât în repaus, cât şi în timpul mersului, efectuarea mişcărilor de finețe şi a scrisului, expresia (mimica) feţei, modularea vocii.

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA NUCLEILOR CENUŞII CENTRALI *[Application to the pathology of basal ganglia]*

Boala Parkinson are ca substrat leziuni degenerative în paleostriat (şi în locus niger), cu scăderea dopaminei (un neurotransmiţător) la nivelul nucleilor cenuşii extrapiramidali. Consecinţele sunt grave: tulburări de tip extrapiramidal, adică: tremurături continue ale capului şi mâinilor care dispar numai în somn; rigiditate musculară (hipertonie de tip extrapiramidal); faţă rigidă şi inexpresivă (nu mai are mimică); dificultăţi de mers (care este foarte nesigur, se execută cu paşi mici şi lenţi neînsoţiţi de mişcarea braţelor); voce monotonă; imposibilitatea efectuării mişcărilor fine.

TABELUL 4.4

Structura nucleilor cenuşii centrali (corpii striaţi)

Corpii striaţi	Nucleul lenticular	Globus pallidus	Paleostriat
		Putamen	Neostriat
	Nucleul caudat		Neostriat

4.2.7. CEREBELUL („CREIERUL MIC") *[Cerebellum]*

Reprezintă partea din metencefal situată dorsal faţă de trunchiul cerebral, fiind legat de acesta prin trei perechi de pedunculi: pedunculii cere-

beloşi inferiori, care fac legătura cu bulbul rahidian; pedunculii cerebeloşi mijlocii, care îl leagă de punte; pedunculii cerebeloşi superiori care îl leagă de faţa posterioară a mezencefalului (fig. 4.18).

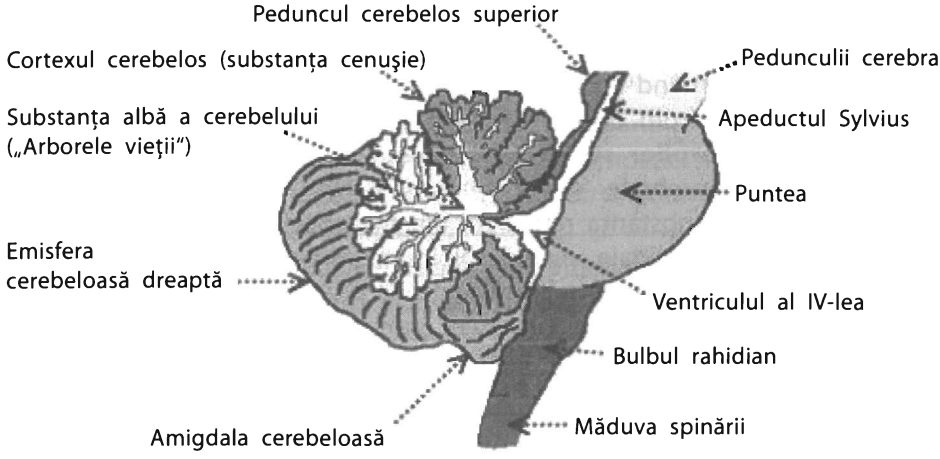


Fig. 4.18 – Cerebelul şi principalele lui raporturi topografice (schemă).

Componente. Cerebelulul este format din:

~ un lob median – **vermis;**

~ **două emisfere cerebeloase** (dreaptă şi stângă), fiecare din ele având câte un lob anterior reprezentând ***paleocerebelul*** (unde există nuclei interpuşi) şi câte un lob posterior – ***neocerebelul,*** în care se află nucleul dinţat (dentat). Emisferele cerebeloase sunt legate între ele prin vermis;

~ o formaţiune alungită, lobul floculonodular, reprezentând ***arhicerebelul***. Acesta se află în continuarea vermisului.

În structura internă a cerebelului apar zone de substanţă cenuşie (scoarţa cerebeloasă şi nuclei formaţi din aglomerări de neuroni) şi zone de substanţă albă, unde există numai fascicule de fibre nervoase.

Scoarţa cerebelului, aflată la suprafaţa sa, este alcătuită din trei straturi celulare, de la exterior spre interior fiind ordonate astfel (fig. 4.19):

– stratul molecular, sărac în celule, format din numeroase fibre nemielinizate paralele, emanaţii ale neuronilor din stratul mijlociu;

– stratul mijlociu, format din celulele piriforme Purkinje (circa 15 milioane), care asigură conexiunile scoarţei cerebeloase cu alţi centri nervoşi;

– stratul granular, alcătuit din mai multe tipuri de celule mici, la care sosesc sau de la care pornesc impulsuri nervoase spre alte grupuri de neuroni.

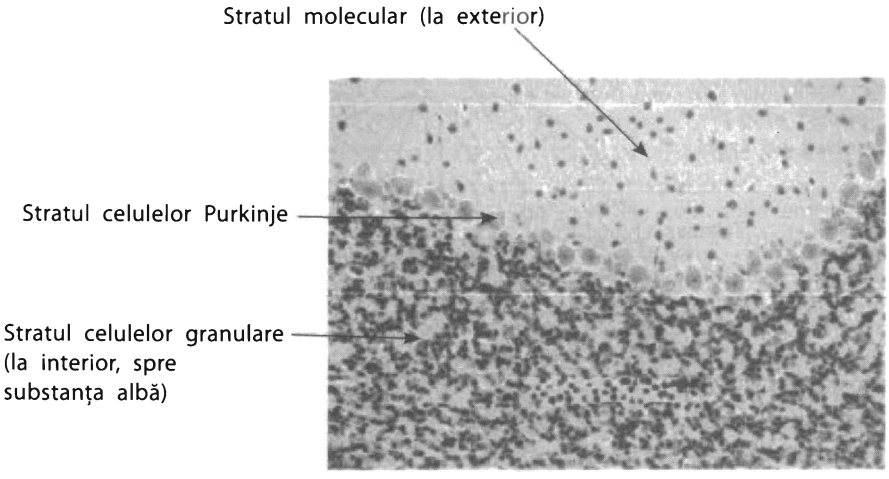


Fig. 4.19 – Structura scoarței cerebelului.

În interiorul emisferelor cerebeloase se află şi zone de substanță cenuşie, alcătuind nucleii cerebeloşi (nucleul dințat, nucleul fastigium, nucleii interpuşi), dar predomină substanța albă, formată din fibre care realizează conexiunile cu alți centri nervoşi. Aceste conexiuni se efectuează prin cele trei perechi de pedunculi cerebeloşi, prin care trec fascicule de fibre aferente (care aduc informații spre cerebel) şi fibre eferente (care transmit impulsuri de la cerebel către alți centri). Iată principalele conexiuni:

- **Fascicule de fibre aferente:**

– **fasciculul cortico-ponto-cerebelos:** are originea într-un grup de neuroni din scoarța cerebrală, face sinapsă în punte cu deutoneuronul căii, apoi prin pedunculii cerebeloşi mijlocii de fiecare parte, noile fibre se îndreaptă spre emisfera cerebeloasă de partea opusă, până la nucleul dentat;

– **fasciculul vestibulo-cerebelos** are originea în urechea internă, în neuronii senzitivi vestibulari; face sinapsă în nucleul vestibular din bulb, apoi noile fibre urcă prin pedunculul cerebelos inferior până la scoarța emisferei cerebeloase şi la nucleul fastigium de aceeaşi parte;

– **fasciculul spinocerebelos încrucişat sau ventral (Gowers)** urcă prin cordonul lateral al măduvei spinării (încrucişarea are loc metameric, la nivel medular) până în mezencefal, apoi (fără a face vreo sinapsă), prin pedunculul cerebelos superior se îndreaptă spre emisfera cerebeloasă şi la nucleii interpuşi de partea opusă. Prin acest fascicul, cerebelul primeşte impulsurile proprioceptive (sensibilitatea proprioceptivă inconştientă) din jumătatea superioară a corpului (fig. 4.20);

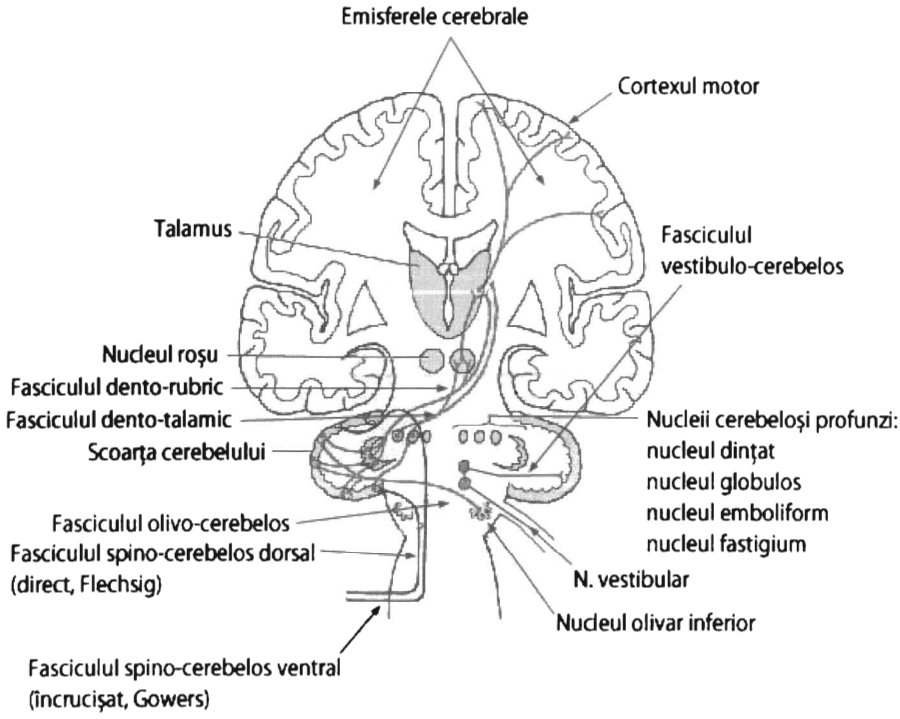


Fig. 4.20 – Principalele conexiuni ale cerebelului.

TABELUL 4.5

Structura celor trei perechi de pedunculi cerebeloşi

Pedunculii cerebeloşi	Căi aferente (spre cerebel)	Căi eferente (de la cerebel)	Originea	Destinaţia
Superiori	Fasciculul spino-cerebelos încrucişat (ventral, Gowers)	–	Receptorii kinestezici din ½ superioară a trunchiului şi de la membrele superioare	Emisfera cerebeloasă şi nucleii interpuşi controlaterali
	Fasciculul tecto-cerebelos	–	Coliculii cvadrigemeni	Neocerebel = lobul posterior (aduce informaţii optice şi acustice)
	–	Fasciculul dento-rubric	Nucleul dinţat al cerebelului	Nucleul roşu de partea opusă (centru extrapiramidal)
	–	Fasciculul dento-talamic	Nucleul dinţat al cerebelului	Talamus → Scoarţa cerebrală

Pedunculii cerebeloşi	Căi aferente (spre cerebel)	Căi eferente (de la cerebel)	Originea	Destinaţia
Mijlocii	Fasciculul cortico-ponto-cerebelos	–	Scoarţa cerebrală	Nucleul dinţat din emisfera cerebeloasă de partea opusă
	Fibre comisurale		Leagă între ele cele două emisfere cerebeloase	
Inferiori	Fasciculul spino-cerebelos direct (dorsal, Flechsig)	–	Receptorii kinestezici din ½ inferioară a trunchiului şi de la membrele inferioare	Emisfera cerebeloasă şi nucleii interpuşi homolaterali
	Fasciculul olivo-cerebelos	–	Nucleul olivar din bulb (centru extrapiramidal)	Scoarţa emisferei cerebeloase
	Fasciculul vestibulo-cerebelos	–	Organul vestibular din urechea internă	Emisfera cerebeloasă şi nucleul fastigium de aceeaşi parte (spre arhicerebel)
	–	Fasciculul fastigio-bulbar	Nucleul fastigium al cerebelului	Bulb → Măduva spinării

– **fasciculul spinocerebelos direct sau dorsal (Flechsig)** urcă tot prin cordonul lateral al măduvei spinării până în bulb, apoi (fără a face vreo sinapsă) prin pedunculul cerebelos inferior se îndreaptă spre scoarţa emisferei cerebeloase şi la nuclei interpuşi homolaterali (de aceeaşi parte). Prin acest fascicul, cerebelul primeşte impulsurile proprioceptive (sensibilitatea proprioceptivă inconştientă) din jumătatea inferioară a corpului;

– **fasciculul olivo-cerebelos** urcă de la nucleul olivar din bulb (care aparţine de căile extrapiramidale) prin pedunculul cerebelos inferior până la scoarţa emisferei cerebeloase.

• **Fascicule de fibre eferente**

– **fasciculul dento-rubric:** de la nucleul dinţat al cerebelului (câte unul situat aproximativ în mijlocul fiecărei emisfere cerebeloase) prin pedunculul cerebelos superior ajunge la nucleul roşu (care este centru extrapiramidal) din mezencefal, în partea opusă (încrucişare);

– **fasciculul dento-talamic** de la nucleul dinţat al cerebelului pleacă fibre eferente prin pedunculul cerebelos superior, care se încrucişează şi ajung la talamus (în jumătatea de partea opusă). Aici fac sinapsă şi noile fibre se îndreaptă spre scoarţa cerebrală;

– **fasciculul fastigio-bulbar** pleacă din porţiunea cerebelului situată în plafonul ventriculului al IV-lea, numită fastigium, face sinapsă în bulb, apoi noile fibre coboară prin măduva spinării.

În plus există numeroase fibre care conectează nucleii dintr-o emisferă cerebeloasă cu nucleii din emisfera opusă (fibre comisurale).

Din punct de vedere funcțional, cerebelul poate fi împărțit în trei diviziuni, după aferențele primite. Fiecare diviziune are o reprezentare pe scoarța cerebeloasă căreia îi corespunde însă şi un nucleu din interiorul emisferelor cerebeloase: ***vestibulocerebelul,*** cu aferențe de la ganglionul şi nucleii vestibulari; ***spinocerebelul,*** care primeşte aferențe de la tracturile spinocerebeloase; ***pontocerebelul,*** care primeşte aferențe de la nucleii pontini.

FUNCŢIILE CEREBELULUI. Prin conexiunile sale cu sistemul extrapiramidal, cerebelul intervine în reglarea mişcărilor automate, în păstrarea echilibrului corpului, în coordonarea şi dozarea corectă a mişcărilor voluntare; prin conexiunile cu fasciculele căilor proprioceptive intervine în menținerea tonusului muscular şi a posturii, iar prin conexiunile cu aparatul vestibular, participă la menținerea echilibrului corpului.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA CEREBELULUI *[Applications to the cerebellum pathology]*

Sindromul de paleocerebel apare în caz de leziuni ale lobilor anteriori din emisferele cerebeloase şi relevă rolul acestora. Se produc: hipotonie musculară, tulburări de echilibru, în sensul că nu poate sta drept în picioare, ci se dezechilibrează şi are mers ebrios (împleticit, asemănător mersului din starea de ebrietate).

Sindromul de neocerebel apare în caz de leziuni ale lobilor posteriori din emisferele cerebeloase. Nu mai poate aprecia distanțele dacă ține ochii închişi. Dacă intenționează să execute un gest de minimă finețe are tremurături intenționale. Prezintă tulburări în coordonarea mişcărilor de la baza actelor mai complexe (asinergie). Are dificultăți în coordonarea tuturor mişcărilor active care decurg dezordonat (ataxie). Se constată tulburări de vorbire şi de scris.

4.2.8. EMISFERELE CEREBRALE (CREIERUL) *[Cerebral hemispheres (the brain)]*

Cele două emisfere cerebrale se dezvoltă simetric din telencefal şi ocupă cea mai mare parte a volumului cutiei craniene. Greutatea ambelor este de 1.350-1.400 g, cu mari variații individuale. Ele acoperă nucleii talamusului şi ventriculul al III-lea, fiind separate în partea anterioară, supe-

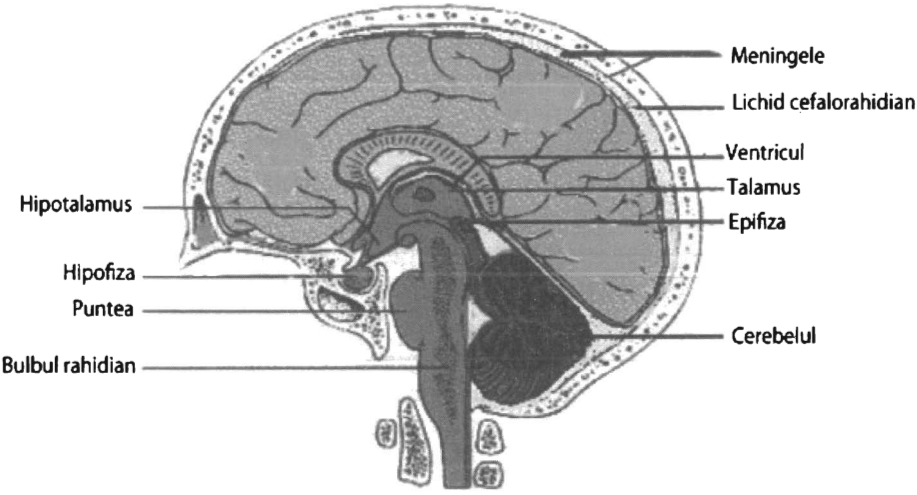


Fig. 4.21 – Secţiune mediosagitală prin cutia craniană, arătând raporturile dintre emisferele cerebrale, cerebel şi unele componente ale trunchiului cerebral.

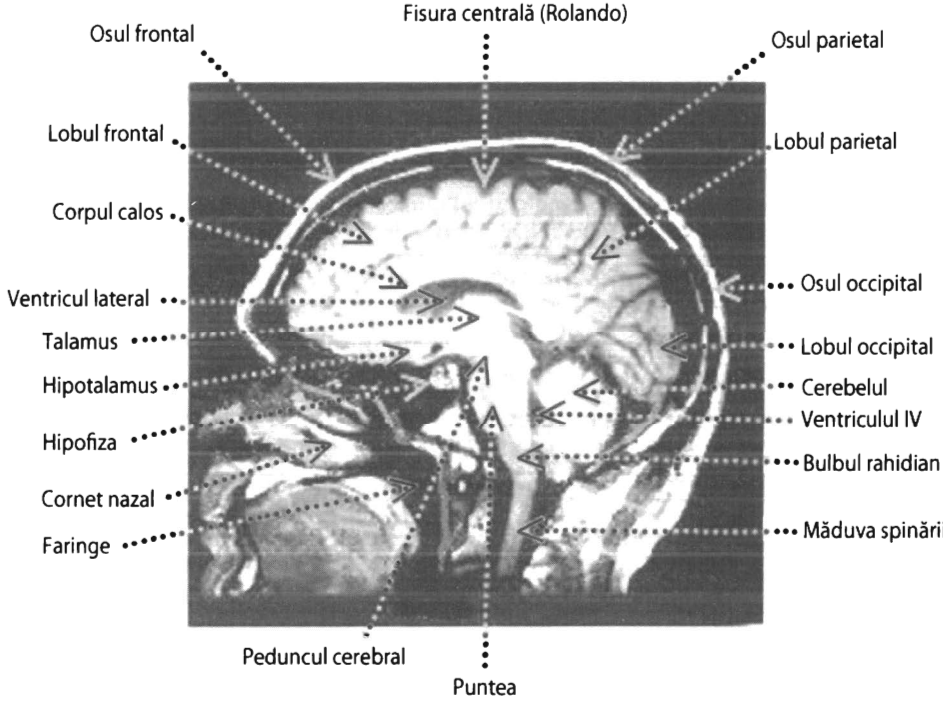


Fig. 4.22 – Tomografie computerizată craniană realizând o secţiune mediosagitală prin toate formaţiunile nervoase intracraniene. Se pot identifica uşor lobii şi girusurile scoarţei cerebrale, corpul calos, talamusul, cerebelul, puntea, un ventricul lateral şi ventriculul al IV-lea, hipofiza etc.

rioară și posterioară de un șanț profund – fisura interemisferică. În partea mijlocie sunt unite prin formațiuni de substanță albă – corpul calos, trigonul cerebral, comisura albă anterioară și comisura albă posterioară. Aceste patru formațiuni conțin fibre nervoase care fac legătura între diferiții centri din cele două emisfere (conexiuni interemisferice) (fig. 4.24).

Fiecare emisferă cerebrală prezintă o față laterală convexă, o față medială aproximativ plană privind fisura interemisferică și o față bazală (fig. 4.23).

Emisferele sunt acoperite în întregime de **scoarța cerebrală (cortex),** formată din substanță cenușie și care apare brăzdată de mai multe feluri de șanțuri. Cele mai adânci (fisuri sau scizuri) separă lobii frontal, parietal, temporal și occipital. Ele se numesc fisura centrală (Rolando), fisura laterală (Sylvius) și scizura (șanțul) calcarină [→ Fig. 4.23]. Alte șanțuri, mai puțin adânci, delimitează circumvoluțiuni (girusuri). Scoarța cerebrală, în ansamblu, este segmentul superior de integrare a organismului atât în privința numeroaselor structuri interne și a mecanismelor care stau la baza activității organelor și sistemelor din corp, cât și în raporturile cu mediul ambiant și cu schimbările neîntrerupte ale acestuia. Scoarței îi revin – prin urmare – funcții multiple, majoritatea lor având o topografie bine precizată (fig. 4.26).

Din punctul de vedere filogenetic și al structurii celulare, scoarța prezintă două zone diferite:

• Zona cea veche, *paleocortexul,* este reprezentată prin sistemul limbic, un inel de țesut nervos, situat pe fața medială a emisferelor, în lobul

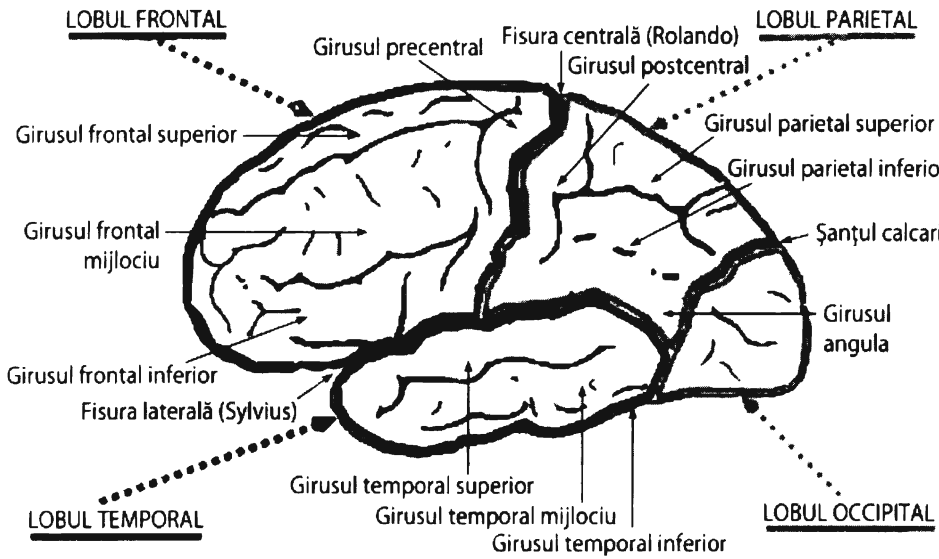


Fig. 4.23 – Fața laterală a emisferei cerebrale stângi. Se observă împărțirea scoarței cerebrale în cei patru lobi și subîmpărțirea acestora în girusuri.

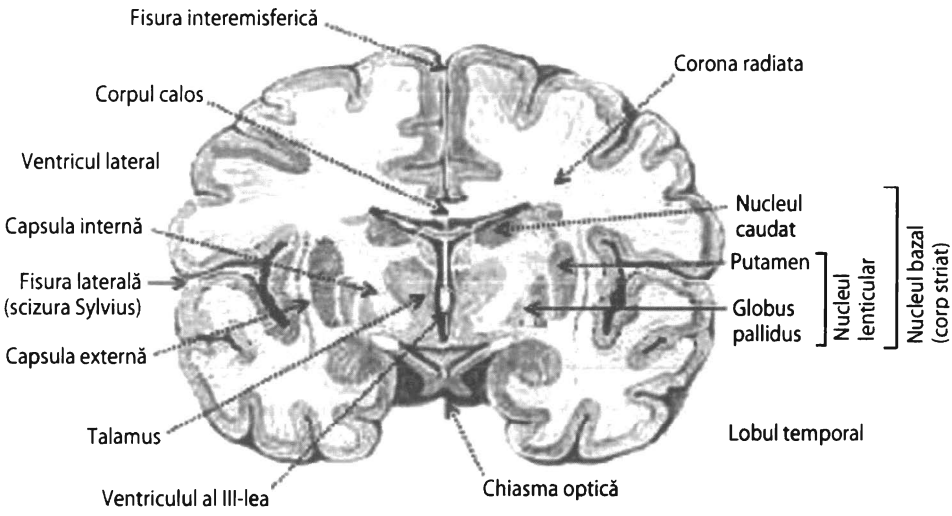


Fig. 4.24 – Secțiune frontală prin emisferele cerebrale.

temporal. Conține numai două straturi celulare, unul receptor, celălalt efector. Este în legătură cu simțul olfactiv (de aceea i se spune și rinencefal), dar intervine și în reglarea unor funcții vegetative, datorită conexiunilor cu hipotalamusul și anume: influențează aportul alimentar (prin intermediul nucleilor hipotalamici ai foamei și sațietății), coordonează mișcările de supt, masticație și deglutiție; contribuie la reglarea activității sexuale; are rol în comportările instinctuale dictate de mânie, frică, satisfacție și care sunt însoțite de manifestări vegetative; în plus, este și centrul unor reflexe condiționate simple.

• Zona cea nouă filogenetic, *neocortexul,* include restul de suprafață a scoarței cerebrale și este alcătuită din 6 straturi celulare. Din punct de vedere funcțional, în neocortex există regiuni specializate în primirea și interpretarea informațiilor culese de receptorii periferici sau din organele interne: este *neocortexul senzitiv*. Alte regiuni sunt specializate în a comanda mișcări voluntare sau automate: este *neocortexul motor*. Există și regiuni care asociază aceste două forme de activitate: este *neocortexul de asociație* (fig. 4.26).

~ **Neocortexul senzitiv primar** are localizarea bine delimitată în aria somatosenzitivă situată în girusul postcentral din lobul parietal [→ Fig. 4.26]. Aici se proiectează – prin fibre aferente sosite de la talamus – sensibilitatea cutanată epicritică și sensibilitatea proprioceptivă conștientă. Diferitele segmente ale corpului au suprafețe de proiecție diferite, în funcție de sensibilitatea lor (de fapt de numărul și densitatea receptorilor care emit impulsu-

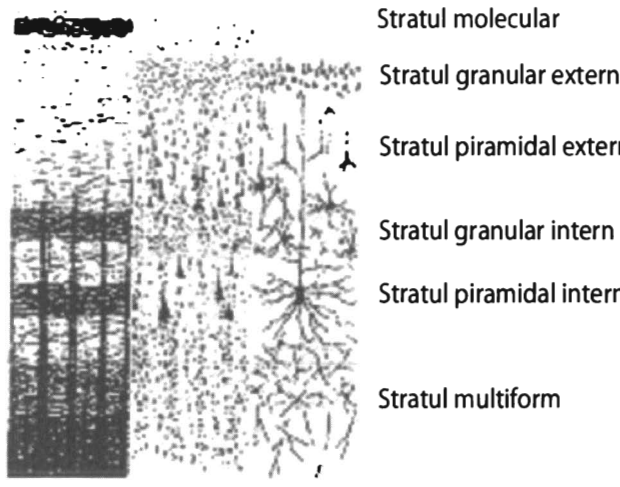


Fig. 4.25 – Structura histologică a scoarței cerebrale în aria somatomotorie (neocortexul motor primar, în girusul precentral din lobul frontal).

rile aferente). Transformând aceste suprafețe de proiecție într-o imagine, rezultă un omuleț cu capul în jos *(homunculus senzitiv)*, cu segmente ale corpului disproporționate, în funcție de dimensiunile proiectării corticale. Spre exemplu, degetele mâinilor și buzele au în aria somatosenzitivă o suprafață de reprezentare mai mare comparativ cu alte zone, ceea ce exprimă sensibilitatea și discernământul deosebit al acestor regiuni. O arie somatosenzitivă mai mică se află în peretele superior al scizurii laterale. Pe ea se proiectează sensibilitatea protopatică (grosolană).

~ **Ariile senzoriale** cuprind zone în care se proiectează fibrele ce aduc informații de la diferite organe de simț:

– aria vizuală (segmentul cortical al analizatorului vizual) se află în lobii occipitali, mai mult pe fața lor internă, în zona din jurul șanțului (scizurii) calcarine;

– aria auditivă (segmentul cortical al analizatorului auditiv) este localizată în lobul temporal. Aici se proiectează fibrele nervului acustic și se produce senzația auditivă;

– aria olfactivă (segmentul cortical al analizatorului olfactiv) este răspândită pe fețele mediale ale lobilor temporali, în sistemul limbic (rinencefal) din paleocortex;

– aria gustativă (segmentul cortical al analizatorului gustativ) se află în partea inferioară a girusului postcentral din lobul parietal;

– aria echilibrului în partea posterioară a lobului temporal;

– aria sensibilității viscerale în lobul parietal, girusul postcentral (fig. 4.26).

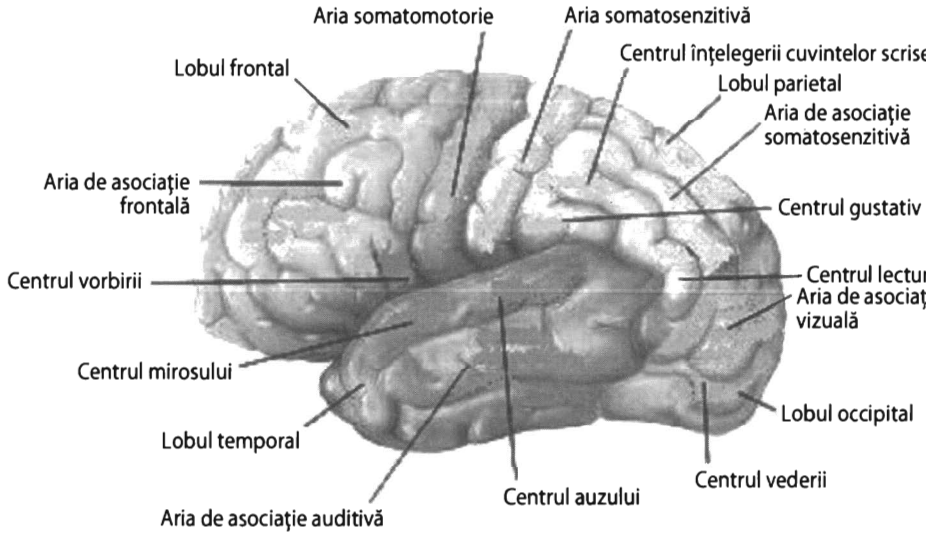


Fig. 4.26 – Localizarea principalilor centri şi arii din scoarța cerebrală.

Distrugerea, în mod experimental la animale şi accidental la om, a diferitelor zone, duce la pierderea sensibilității în cazul ariei senzitive sau la pierderea funcției în cazul zonelor senzoriale (orbire, surditate, anosmie de tip central), deşi organele receptoare respective sunt intacte.

~ **Neocortexul motor primar**, comandând motilitatea voluntară, este localizat în aria somatomotorie din lobul frontal, girusul precentral. De aici pornesc axonii neuronilor piramidali ce formează tractul piramidal prin care sunt dirijate mişcările voluntare. Cea mai mare parte a fibrelor tractului piramidal se încrucişează în partea inferioară a bulbului, ajungând astfel să comande motilitatea din jumătatea opusă a corpului. Reprezentarea printr-o imagine a corpului pe aria somatomotorie realizează un omuleț cu capul în jos *(homunculus motor)*, cu diferitele segmente foarte inegale ca mărime, în funcție de numărul de neuroni motori care le deservesc. De notat că segmentele care efectuează mişcări de finețe şi de precizie (degetele mâinilor) sunt reprezentate printr-o suprafață mare în aria somatomotorie, deşi din ansamblul corpului ocupă un procent foarte mic (fig. 4.27). Pentru motilitatea automată, centrii extrapiramidali corticali nu au un sediu bine delimitat.

~ **Zonele de asociație** realizează corelarea activității psihomotorii şi psiho-senzitive prin integrarea funcțională a ariilor motorii cu cele senzoriale. Ele s-au dezvoltat mai recent pe scara filogenetică şi ocupă o mare întindere în scoarța cerebrală.

Unii centri de asociație conduc acte motorii care se învață în cursul vieții:

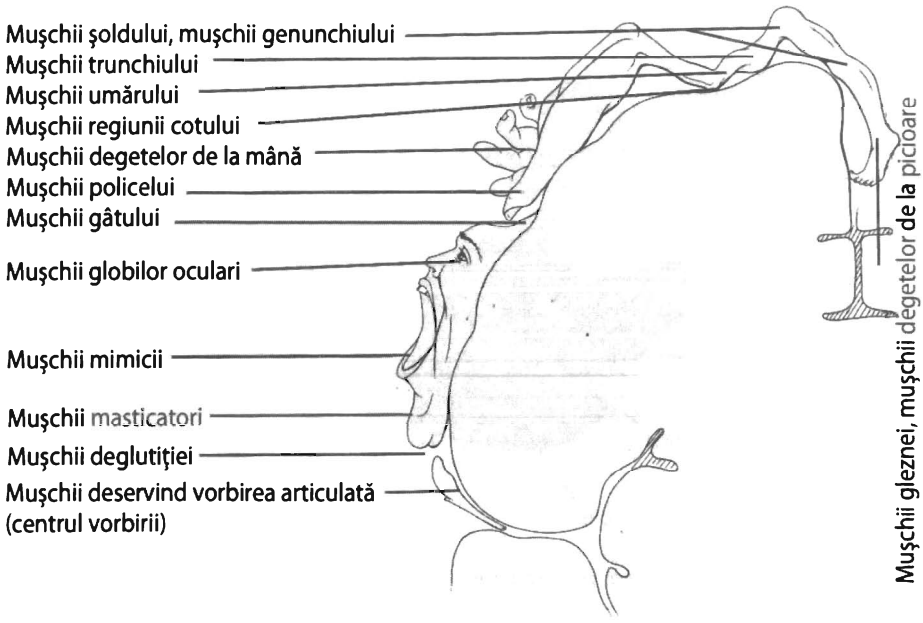


Fig. 4.27 – Homunculus motor: imaginea sugestivă a localizării comenzilor pentru mușchii striați (cu mișcările voluntare corespunzătoare) în girusul precentral (aria somatomotorie).

– *centrul motor al vorbirii* (Broca), localizat în lobul frontal, la piciorul girusului precentral (la dreptaci pe emisfera stângă, la stângaci pe emisfera dreaptă), controlează activitatea aparatului fonator. Distrugerea lui, prin tumori sau hemoragii, duce la *afazie motorie*. Bolnavul nu poate vorbi, deşi organul fonator nu este paralizat. Omul înţelege ce i se spune şi poate citi;

– *centrul motor al scrierii,* localizat în girusul frontalinferior, deasupra precedentului (în emisfera stângă la dreptaci şi invers la stângaci), controlează activitatea muşchilor mâinii în actul scrisului. Lezarea lui accidentală duce la *agrafie*. Bolnavul este incapabil să scrie, deşi poate să vorbească şi să înţeleagă cuvintele scrise sau vorbite. Pentru alte activităţi, motricitatea mâinii nu este afectată.

Alţi centri de asociaţie sunt senzoriali:

– *centrul înţelegerii cuvintelor vorbite,* localizat în girusul temporal superior. Lezarea lui accidentală duce la *surditate verbală*. Bolnavul aude, poate vorbi şi scrie, înţelege cuvintele scrise, dar nu înţelege cuvintele rostite de interlocutor;

– *centrul înţelegerii cuvintelor scrise,* localizat în girusul parietal inferior. Afectarea acestui centru duce la *cecitate verbală (alexie),* în care bolnavul nu recunoaşte şi nu înţelege cuvintele sau cifrele scrise.

Localizări vegetative. Acestea se găsesc în partea frontală laterală şi pe faţa orbitală a lobului frontal. Cuprinde ariile (numerotate pe scoarţa cerebrală) 10, 11, 12, 13, 14. Prin excitarea acestor arii se intensifică reacţiile vegetative respiratorii, circulatorii, gastrointestinale şi excretorii.

Alte zone corticale de asociaţie:

- zona de asociaţie prefrontală are o importantă funcţie de sinteză în operaţiuni de judecată, decizii, planificări, determinarea personalităţii umane;
- zona de asociaţie frontală, situată imediat dorsal faţă de cea prefrontală, este zona de asociaţie motorie şi intervine în coordonarea acţiunilor;
- sistemul limbic este o grupare de structuri situată în extremitatea trunchiului cerebral, imediat sub scoarţa cerebrală. Acest sistem are rol în unele stări emoţionale (teamă, mânie, activitate sexuală) precum şi în stocarea în memorie a unor date;
- hipocampul, parte a creierului implicată în alcătuirea, organizarea şi stocarea unor date din memorie se află în lobul temporal şi aparţine sistemului limbic, unde se conectează emoţii şi unele simţuri ca mirosul şi auzul. Are forma unei potcoave, existând câte o asemenea structură în fiecare emisferă cerebrală. Printre funcţiile sale trebuie menţionate: consolidarea datelor noi în memorie, unele răspunsuri emoţionale, orientarea spaţială;
- zona de memorie a sunetelor se găseşte în lobul temporal, lângă aria auditivă;
- zona de memorie vizuală este situată imediat ventral faţă de aria vizuală;
- centrul de formare a imaginilor mentale şi de înţelegere a cuvintelor rostite sau scrise precum şi a asocierii denumirilor se află în aria Wernicke, în partea dorsală a lobului temporal.

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA EMISFERELOR CEREBRALE *[Application to the brain pathology]*

Un **accident vascular cerebral** (AVC, stroke) prin hemoragie sau tromboză cerebrală care afectează aria somatomotorie din girusul precentral stâng sau un traumatism cranio-cerebral care lezează această arie, produc o paralizie a jumătăţii opuse a corpului cu hipertonie musculară (hemiplegie spastică dreaptă) însoţită de incapacitatea de a vorbi (afazie motorie). Acest tablou se explică prin următorul mecanism:

- suprimarea mişcărilor voluntare (paralizia) se datorează distrugerii neuronilor motori piramidali (din aria somatomotorie) care le comandă în mod normal;
- din cauza încrucişării în bulb a majorităţii fibrelor motorii (fasciculul piramidal încrucişat), paralizia este de partea opusă leziunii;

- deoarece a încetat controlul inhibitor al neuronilor piramidali asupra motoneuronilor medulari, aceştia nu îşi mai pot doza impulsul care asigură tonusul muscular. Tonusul devine foarte intens, iar musculatura este contractată permanent;

- din acelaşi motiv, ROT sunt foarte vii de partea paralizată (ne reamintim că execuţia actului reflex îi revine motoneuronului medular);

- centrul vorbirii, fiind la piciorul girusului precentral stâng (la dreptaci), este şi el lezat, apărând în consecinţă afazia motorie.

4.2.9. FUNCŢIILE SUPERIOARE ALE CREIERULUI *[The higher functions of the brain]*

Scoarţa emisferelor cerebrale cuprinde două teritorii deosebite filogenetic, atât din punct de vedere structural, cât şi funcţional.

Arhicortexul (paleocortexul) numit şi rinencefal sau *sistem limbic*, foarte dezvoltat la celelalte mamifere, reprezintă la om o mică parte din faţa medială a emisferelor cerebrale. Arhicortexul are o structură mai simplă, fiind alcătuit numai din două straturi celulare şi este sediul proceselor psihice afectiv-emoţionale, precum şi al actelor de comportament instinctiv.

Neocortexul, apărut mai recent, foarte dezvoltat la primate, are o structură alcătuită din şase straturi celulare şi reprezintă sediul proceselor psihice superioare (fig. 4.25).

Activitatea nervoasă superioară reprezintă funcţia materiei ajunsă la cel mai înalt grad de organizare. Curent, prin activitate nervoasă superioară înţelegem procesele ce stau la baza memoriei, învăţării, gândirii abstracte, creaţiei ştiinţifice şi artistice etc.

4.2.9.1. METODE DE CERCETARE. Studiul activităţii şi rolului scoarţei cerebrale a fost efectuat cu următoarele metode:

- *metoda extirpării,* adică îndepărtarea chirurgicală a unei zone din cortex, după care se urmăresc consecinţele acestei operaţii;

- *metoda excitării;* se evidenţiază scoarţa cerebrală (prin deschiderea calotei craniene) şi apoi se excită cu substanţe chimice sau cu curent electric. Pe baza efectelor obţinute, se trag concluzii despre rolul diferitelor puncte corticale excitate;

- *metoda anatomo-clinică:* se compară simptomele clinice prezentate de diferiţi bolnavi, cu leziunile găsite la nivelul scoarţei după moartea acestora;

- *metoda electroencefalografică* constă din înregistrarea activităţii electrice cerebrale, atât la omul sănătos şi bolnav, cât şi experimental la animale;

– *metoda reflexelor condiționate,* instituită de Pavlov, permite studiul funcțiilor scoarței cerebrale în condiții foarte apropiate de cele fiziologice. Cu ajutorul ei, Pavlov și elevii săi au studiat dinamica celor mai fine procese fiziologice care stau la baza activității psihice. *Reflexul condiționat* sau legătura temporară este un tip special de reflex care, spre deosebire de reflexele necondiționate, are următoarele particularități:

– este dobândit în timpul vieții individului;

– centrii sunt localizați în scoarța cerebrală;

– excitantul care declanșează reflexul este inițial indiferent pentru animal sau om. Pe parcursul stabilirii reflexului, excitantul devine condițional, adică producerea răspunsului reflex este condiționată de apariția acestui excitant;

– este caracteristic individului și nu speciei. Dispare odată cu moartea acestuia.

4.2.9.2. FORMAREA REFLEXELOR CONDIȚIONATE. În crearea unui reflex condiționat, pentru a se forma o legătură temporară, sunt necesare mai multe condiții:

– *asocierea unui excitant indiferent* (sunet, lumină etc.) *cu unul cu valoare biologică absolută* (aliment, pericol, durere etc.);

– *precesiunea;* excitantul indiferent trebuie să preceadă cu puțin timp pe cel absolut;

– *coincidența:* excitantul absolut (de exemplu, mâncarea) trebuie administrat în timpul acțiunii celui indiferent;

– *repetiția:* asocierea celor două feluri de excitanți trebuie repetată în aceleași condiții de mai multe ori;

– *izolarea;* camera în care se stabilește reflexul condiționat trebuie să fie ferită de alți excitanți;

– *dominanța:* animalul de experiență trebuie să fie într-o condiție fiziologică favorabilă declanșării reflexului absolut. Spre exemplu, în cazul stabilirii unui reflex condiționat digestiv (salivar, gastrosecretor etc.) la câine, acesta trebuie să fie flămând.

Mecanismul de formare a reflexului condiționat a fost explicat de Pavlov prin apariția concomitentă pe scoarța cerebrală a două focare de excitație, la nivelul ariilor de proiecție a celor doi excitanți ce se asociază. Focarul excitantului absolut este dominant și el atrage excitația din focarul excitantului indiferent. Cu timpul, prin repetare, se „bătătorește" o cale între cele două focare.

La un moment dat, este suficientă administrarea separată a excitantului indiferent care va determina excitarea focarului cortical al reflexului absolut și astfel se obține un răspuns din partea organului efector. Un exemplu simplu îl constituie reflexul condiționat salivar. Prin asocierea repetată a

unui sunet cu hrana, cu timpul, sunetul singur poate declanşa salivaţia. În acest moment, sunetul a devenit excitant condiţional (semnal).

Decorticarea animalului este urmată de dispariţia reflexului condiţionat, cu păstrarea celui necondiţionat care se include la niveluri subcorticale. Animalele decorticate nu pot fixa reflexe condiţionate noi şi le pierd pe cele învăţate anterior. În prezent, în formarea acestor reflexe, se atribuie un rol esenţial substanţei reticulate a trunchiului cerebral.

Stereotipul dinamic. Dacă asociem într-o succesiune fixă mai mulţi excitanţi, obţinem o succesiune fixă de răspunsuri. După o vreme este suficientă administrarea primului excitant pentru a obţine apoi automat celelalte răspunsuri condiţionate. Acest mod particular de răspuns cortical se numeşte ***stereotip dinamic*** şi el reprezintă o economisire de energie nervoasă ce duce la eliberarea scoarţei cerebrale pentru alte activităţi pe care le poate executa concomitent. Scrisul, mersul sunt exemple de stereotipuri dinamice la om.

4.2.9.3. PROCESE CORTICALE FUNDAMENTALE. Cu ajutorul metodei reflexelor condiţionate, Pavlov a arătat că la nivelul scoarţei cerebrale au loc în permanenţă două procese fiziologice fundamentale: *excitaţia* şi *inhibiţia.*

Excitaţia este un proces activ, o stare funcţională a centrilor nervoşi ce determină intrarea în activitate sau intensificarea activităţii de fond a organelor efectoare.

Inhibiţia este, de asemenea, un proces activ ce se opune excitaţiei şi produce o stare funcţională în centrii nervoşi care determină diminuarea sau încetarea activităţii organului efector.

Excitaţia şi inhibiţia se caracterizează prin *mobilitate* (în locul unui proces de excitaţie poate interveni inhibiţia şi invers), *forţă* (fiecare din aceste procese are o anumită tărie relativă) şi *echilibru dinamic.*

Tipurile de inhibiţie. Pavlov a remarcat că inhibiţia este de două feluri: condiţionată şi necondiţionată.

a) *Inhibiţia condiţionată* (internă) este caracteristică scoarţei cerebrale. În cadrul ei se descriu:

– *inhibiţia de stingere.* Când un excitant condiţional se repetă multă vreme fără asociere cu cel absolut, răspunsul reflex diminuează treptat până la dispariţie (stingerea reflexului condiţionat);

– *inhibiţia de diferenţiere.* La stabilirea unui reflex condiţionat salivar sonor, spre exemplu, iniţial, câinele salivează la orice sunet. Dacă noi întărim prin excitant absolut (hrană) numai un anumit sunet, iar pe celelalte le lăsăm neîntărite, cu timpul câinele nu va mai saliva decât la apariţia sunetului care prevesteşte hrana. Deci el face diferenţierea frecvenţelor sunetelor;

– *inhibiția de întârziere.* Dacă la un câine cu reflex condiționat salivar sonor, prelungim treptat timpul dintre apariția semnalului (sunetul) și administrarea hranei, vom observa că, după o vreme, animalul nu mai salivează imediat ce sunetul se produce, ci după 2-3 minute de acțiune a acestuia;

– *inhibiția supraliminară* este tot o inhibiție internă. Ea are rol de protecție a creierului față de excitanții prea frecvenți sau prea puternici, administrați repetat.

Inhibiția condiționată a fost denumită de Pavlov *inhibiție internă,* deoarece ea se naște și se dezvoltă în interiorul centrilor corticali ai reflexului condiționat.

TABELUL 4.6

Tipuri de excitanți și tipuri de inhibiție corticală (explicații în text)

Excitant	Necondiționat: este excitantul specific (natural) pentru receptorii stimulați	
	Condiționat: este un excitant indiferent	
Tipuri de inhibiție corticală	Internă (condiționată)	Inhibiție prin stingere
		Inhibiție de diferențiere
		Inhibiție de întârziere
		Inhibiția supraliminară (prin excitant condițional foarte puternic sau repetat prea frecvent)
	Externă (necondiționată)	Prin intervenția unui nou stimul nespecific

b) *Inhibiția necondiționată,* comună atât scoarței, cât și celorlalte niveluri subcorticale, este o *inhibiție externă* ce ia naștere în afara focarului cortical al reflexului și determină stingerea răspunsului reflex prin mecanism de inducție negativă. Exemplu de inhibiție *externă* este *reacția de orientare* care se produce în cazul apariției unui excitant suplimentar celui condițional. Spre exemplu, un câine cu reflex salivar la sunet nu mai salivează dacă producerea sunetului este urmată imediat de aprinderea unui bec sau de provocarea unui sunet suplimentar, față de care animalul nu a fost condiționat.

4.2.9.4. FUNCȚII ȘI ACTIVITĂȚI PSIHICE CU SUBSTRAT CORTICAL. Cele mai evoluate procese fiziologice se află la baza gândirii, conștienței, memoriei, învățării și limbajului.

• **Gândirea** este o formă superioară de activitate cerebrală, caracteristică omului aflat în stare de veghe.

• **Conştienţa** reprezintă ansamblul gândurilor unui individ. Starea de conştienţă se realizează prin activarea simultană a scoarţei cerebrale şi a unor structuri subcorticale, în special talamusul şi formaţia reticulată.

• **Procesul de învăţare** ***[The learning process]*** este capacitatea creierului de a selecta şi a depozita într-o anumită ordine datele din memorie. Substratul morfologic al acestui proces îl constituie – după toate probabilităţile – formarea unor conexiuni sinaptice noi, datorită stimulării repetate a structurilor neuronale. Solicitarea lor continuă poate determina multiplicarea şi creşterea în dimensiuni a prelungirilor neuronului.

Învăţarea rămâne totuşi un proces complex în care intervin mai mulţi factori:

– atenţia (care poate scădea în condiţii de oboseală sau de plictiseală);

– condiţionarea clasică, realizată prin fixarea de reflexe condiţionate;

– condiţionarea operantă: apare condiţia de recompense sau de pedepse;

– memoria (prin funcţia de fixare şi cea de evocare);

– motivaţia, adică acele cauze care determină o decizie comportamentală, fiind legată şi de interesul pe care îl prezintă o anumită problemă;

– diverse asociaţii între idei şi noţiuni;

– repetiţia are un rol important în procesul de învăţare, nu numai printr-o consolidare mecanică – realizând o implantare mai profundă în memorie – dar şi prin faptul că se pot crea noi asociaţii şi redescoperi unele date care au scăpat la primul contact cu materialul studiat.

• **Memoria** este capacitatea creierului de a aduce un gând în lumina conştienţei. Ea este un fenomen tot atât de complex ca şi conştienţa şi gândirea. Memoria poate fi de scurtă sau de lungă durată.

Memoria de scurtă durată serveşte la reţinerea pentru câteva secunde a unor informaţii simple. Ea se realizează prin circuite neuronale.

Memoria de lungă durată, numită şi *memorie permanentă,* asigură păstrarea informaţiilor timp de zile, luni, ani sau chiar toată viaţa. Ea se realizează pe baza acumulării de acid ribonucleic în neuron şi a unor modificări biochimice şi anatomice la nivelul sinapselor. S-a constatat, spre exemplu, că numărul sinapselor din scoarţa cerebrală creşte cu vârsta, iar sinteza unor categorii de proteine se intensifică la nivelul sinapselor, în timpul învăţării.

• **Limbajul.** Una dintre caracteristicile fundamentale ce-l deosebesc pe om de animal este limbajul. Prin limbaj, oamenii pot comunica între ei. Mesajul verbal este elaborat de aceleaşi structuri encefalice care participă la edificarea conştienţei (emisfere cerebrale, talamus, formaţie reticulată).

Acest mesaj este transmis apoi centrului motor al vorbirii, localizat în circumvoluția frontală ascendentă a emisferei stângi (girusul precentral), care este emisfera dominantă la dreptaci. De aici pleacă numeroasele comenzi ce coordonează activitatea organelor fonatorii principale (laringele şi cavitatea bucală) şi auxiliare (aparatul respirator), care execută articularea cuvintelor.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA UNOR FUNCŢII SUPERIOARE ALE CREIERULUI *[Applications to the pathology of some higher functions of the brain]*

Afazia senzorială este imposibilitatea unei persoane de a înţelege cuvintele rostite, deşi nu are nici o deficienţă a receptorului auditiv. Poate înţelege însă cuvintele scrise.

Afazia motorie este imposibilitea de a rosti cuvinte. Ea se datorează lezării centrului vorbirii (Broca), situat la piciorul girusului precentral (din lobul frontal), în stânga pentru dreptaci şi în dreapta pentru stângaci. Apare frecvent în accidentele vasculare cerebrale.

Agrafia este imposibilitatea de a scrie, fără a fi paralizat. Survine prin lezarea centrului scrisului fie după un traumatism craniocerebral, după o encefalită, după un accident vascular cerebral mai uşor.

Alexia este incapacitatea de a înţelege cuvintele scrise, dar nu şi pe cele rostite. Survine în lezarea centrului Wernicke, din partea dorsală a lobului temporal.

Amnezia înseamnă pierderea memoriei. Apare în traumatisme craniocerebrale, accidente vasculare cerebrale, tumori endocraniene, dar cel mai frecvent în demenţa presenilă şi senilă tip Alzheimer. Se numeşte **amnezie anterogradă** dacă persoana nu mai poate evoca faptele petrecute după accidentul care i-a răpit memoria, adică a pierdut capacitatea de fixare. Se numeşte **amnezie retrogradă** dacă nu mai poate evoca evenimentele petrecute înainte de accident, adică a pierdut capacitatea de evocare.

Depresia este tulburarea afectivă constând din scăderea până la prăbuşire a dispoziţiei bazale, însoţită de melancolie, actualizarea trăirilor neplăcute, triste şi ameninţătoare, fără a exista o motivaţie obiectivă. În mecanismul ei de producere s-a descris rolul recaptării patologice a unor neurotransmiţători din centrii nervoşi (noradrenalina, serotonina).

Abulia ţine de domeniul voliţional, fiind scăderea până la dispariţie a voinţei. Se întâlneşte în schizofrenie şi în boala Alzheimer.

4.2.10. VENTRICULII CEREBRALI *[Cerebral ventricles]*

Alcătuiesc un sistem de mici cavităţi, situate aproximativ în centrul segmentelor intracraniene ale nevraxului. Aceste cavităţi comunică între ele şi – prin nişte orificii foarte mici – cu spaţiul subarahnoidian din meninge. Sunt pline cu lichid cefalo-rahidian, în spaţiile existente desfăşurându-se o continuă circulaţie a LCR. Dispoziţia topografică a ventriculilor cerebrali este următoarea [→ Fig. 4.28]: în centrul emisferelor cerebrale se află ventriculii laterali (I şi II), cu o formă alungită. Fiecare dintre aceştia comunică prin gaura Monro cu ventriculul al III-lea care este unic, median, situat mai caudal în centrul diencefalului şi are raporturi de vecinătate cu talamusul şi hipotalamusul. În continuare, ventriculul al III-lea se prelungeşte în sens caudal cu apeductul Sylvius, care străbate longitudinal mezencefalul şi sfârşeşte prin a se deschide în ventriculul al IV-lea. Acest ventricul se află între punte şi cerebel şi comunică – pe de o parte – cu canalul ependimar din centrul măduvei spinării şi – pe de altă parte – cu spaţiul subarahnoidian prin orificiile Luschka şi Magendie.

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA SISTEMULUI VENTRICULILOR CEREBRALI *[Application to the pathology of the cerebral ventricles system]*

Hidrocefalia *[Hydrocephaly, hydrocephalus]* este o acumulare crescută şi sub presiune a lichidului cefalo-rahidian în ventriculii cerebrali, datorită

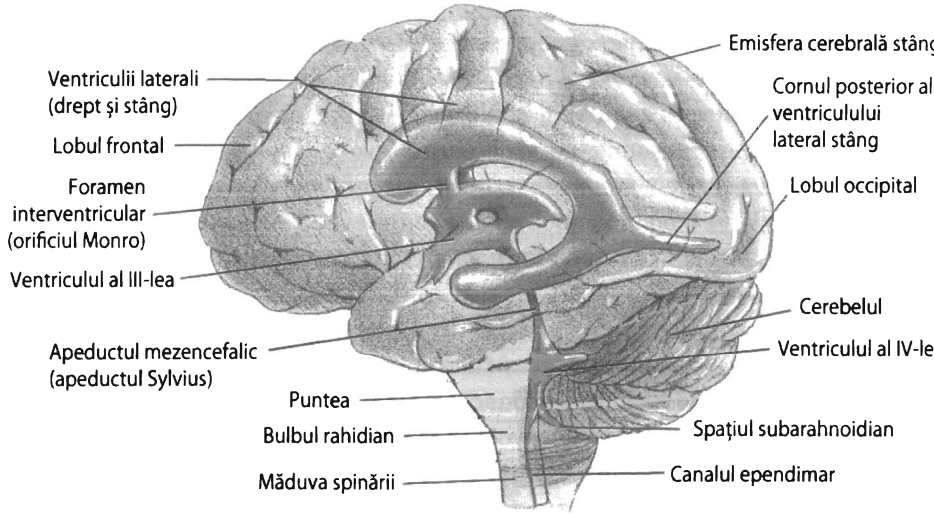


Fig. 4.28 – Ventriculii cerebrali.

unui obstacol congenital sau dobândit în circulaţia LCR (de exemplu stenoza apeductului Sylvius). Ventriculii se dilată, iar la copiii mici (neavând osificarea craniană completă) creşte şi volumul craniului, uneori până la dimensiuni impresionante. Pot apărea tulburări neurologice şi de vedere. Tratamentul constă din crearea chirurgicală a unei derivaţii (shunt) care drenează lichidul cefalo-rahidian sub presiune în cavitatea peritoneală sau în atriul drept al inimii.

4.2.11. MENINGELE *[Meninges]*

• **Meningele spinal** este alcătuit din trei membrane de protecţie care învelesc măduva. La nivelul găurii occipitale, meningele spinal se continuă cu meningele cerebral.

Membrana exterioară a meningelui se numeşte *dura mater*. Este formată din ţesut fibros şi elastic, având rol de protecţie. Ea este despărţită de canalul vertebral printr-un spaţiu numit *epidural*, în care se află ţesut adipos şi numeroase vene. Dura mater formează o teacă cilindrică în care măduva se mişcă liber. Pe laturi, dura mater se întinde până la orificiile de conjugare intervertebrale, iar în sens caudal ajunge la vertebra S2.

Arahnoida este a doua membrană, situată sub dura mater. Este de natură conjunctivă şi mai subţire decât dura mater. Împreună cu aceasta formează *spaţiul subdural*, care este virtual, iar cu membrana următoare formează *spaţiul subarahnoidian*, care conţine lichid cefalorahidian.

A treia membrană – *pia mater* – este o membrană foarte subţire, care conţine vase de sânge şi are rol nutritiv. Ea acoperă la exterior măduva, pătrunzând şi în şanţurile ei, mulându-se deci pe suprafaţa acesteia.

• **Meningele cerebral.** Ca şi măduva, encefalul este acoperit de trei membrane conjunctive numite *meninge*.

Dura mater encefalică, spre deosebire de dura mater spinală aderă intim de oasele cutiei craniene şi nu formează un spaţiu epidural.

În interiorul craniului, dura mater trimite prelungiri orizontale sau sagitale. Dintre prelungirile orizontale menţionăm *cortul cerebelului* care separă cerebelul de lobul occipital al emisferelor cerebrale şi *diafragma şeii turceşti*, care acoperă şaua turcească (a osului sfenoid). Dintre prelungirile sagitale reţinem *coasa creierului*, care desparte cele două emisfere cerebrale între ele. În grosimea acestor septuri se găsesc *sinusurile venoase* (vene de tip special) care adună sângele venos de la creier şi-l deversează în vena jugulară internă.

Sub dura mater se găseşte *arahnoida encefalică*. Între acestea se află *spaţiul subdural* ce conţine vase sanguine. Arahnoida înveleşte creierul,

trecând peste şanţuri şi fisuri fără ca să pătrundă în ele. Din loc în loc ea se îndepărtează de pia mater, formând la acest nivel nişte *cisterne* ce conţin lichid cefalorahidian.

Pia mater encefalică aderă la suprafaţa creierului, pătrunde în şanţuri şi scizuri şi, fiind vascularizată, are rol nutritiv. Ea formează *plexurile coroide* ale ventriculilor care secretă lichidul cefalorahidian. Acesta se resoarbe la nivelul vilozităţilor arahnoide care sunt prelungiri ale arahnoidei în dura mater.

4.2.12. LICHIDUL CEFALORAHIDIAN (LCR) *[Cerebro-spinal fluid (CSF)]*

Este un lichid incolor, clar ca apa de stâncă, ce ocupă ventriculii cerebrali, spaţiul subarahnoidian şi canalul ependimar. Produs de plexurile coroide din ventriculii laterali, LCR are o circulaţie proprie, care poate fi perturbată în anumite afecţiuni. Constantele normale ale LCR sunt:

- aspect clar, incolor
- presiune în poziţia culcat pe o parte (în decubit lateral) = 100 mm H_2O = 5 mmHg
- număr de elemente celulare = 0-5/µl
- formula sedimentului celular din LCR = limfocite 80-90%; monocite 10%
- proteine (proteinorahie) = 20-30 mg/dl
- glucoză (glicorahie) = 50-60 mg/dl
- clor (Cl) = 110-120 mmol/l
- sodiu (Na) = 130-140 mmol/l
- clorură de sodiu (NaCl) = 740 mg/dl
- examen bacteriologic (frotiu şi culturi pe diferite medii) = steril.

Principala funcţie a lichidului cefalo-rahidian este de protecţie mecanică a întregului nevrax, pe care îl învăluie ca o „pernă de apă". Totodată previne şi pătrunderea unor substanţe străine nocive (metale toxice, unele droguri) către centrii nervoşi din profunzime precum şi a unor germeni patogeni, a căror apariţie determină creşterea elementelor celulare cu rol de apărare din LCR (limfocite).

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA MENINGELUI ŞI A LICHIDULUI CEFALO-RAHIDIAN *[Application to the meningeal and to the cerebro-spinal fluid pathology]*

Meningitele (Meningitis, meningitides) sunt inflamaţii ale meningelor, de cauză bacteriană, virală sau - mai rar - fungică. Sunt însoţite întotdeauna de

febră, cefalee, vărsături, uneori de fotofobie (senzaţie dureroasă produsă de lumina puternică), rigiditatea cefei şi somnolenţă. După aspectul LCR se clasifică în meningite cu lichid clar (toate meningitele virotice şi meningita tbc) şi meningite purulente (cele cu meningococ, cu *Streptococcus pyogenes,* cu *Haemophilus influenzae,* cu stafilococ etc.). În toate meningitele, presiunea LCR este mărită, numărul de elemente celulare/μl crescut (în special în cele bacteriene, unde poate ajunge la peste 30.000 leucocite/μl), iar proteinorahia este şi ea crescută. Examenul bacteriologic evidenţiază - în cazul meningitelor bacteriene - prezenţa agentului patogen.

4.3. SISTEMUL NERVOS VEGETATIV (SNV) *[Autonomic nervous system]*

Centrii nervoşi situaţi intranevraxial şi extranevraxial, aflaţi în relaţie cu organele vegetative a căror activitate o controlează, precum şi fibrele nervoase corelate cu aceşti centri formează sistemul nervos vegetativ (S.N.V.). Funcţional şi structural deosebim un *sistem nervos vegetativ simpatic* şi unul *parasimpatic.*

Fiecare formaţiune sau organ efector vegetativ (muşchi neted sau glandă) are o dublă inervaţie vegetativă, simpatică şi parasimpatică, cele două componente exercitând o acţiune antagonistă.

La baza activităţii S.N.V. stă reflexul care se desfăşoară pe traiectul *arcului reflex vegetativ.* Calea aferentă a arcului reflex vegetativ, asemănătoare cu cea de la arcul reflex somatic, se deosebeşte prin faptul că începe la nivelul receptorilor din viscere (interoceptori). Calea eferentă se deosebeşte de cea de la arcul reflex somatic datorită existenţei unui ganglion vegetativ *(laterovertebral, juxtavisceral* sau *intramural),* unde are loc sinapsa între neuronul vegetativ preganglionar (cu teacă de mielină) şi neuronul vegetativ postganglionar (fără teacă de mielină), al cărui axon ajunge la formaţiunea efectoare vegetativă (muşchi neted sau glandă).

Sistemul simpatic şi cel parasimpatic formează la nivelul viscerelor *plexuri vegetative.* Un plex este o reţea de fibre nervoase cu numeroase anastomoze între ele, putând include şi ganglioni nervoşi (aglomerări de neuroni). Plexurile nervoase sunt situate la cap şi la gât (plexul faringian, laringian, tiroidian, parotidian etc.), în torace (plexul cardiac, bronhopulmonar, esofagian), în abdomen (plexul celiac, lomboaortic) şi în pelvis (plexul hipogastric), astfel încât la toate organele din corp se întâlneşte această inervaţie dublă şi antagonistă.

Între sistemul simpatic şi cel parasimpatic există o serie de deosebiri morfologice.

4.3.1. SISTEMUL NERVOS SIMPATIC *[The sympathetic nervous system]*

Este alcătuit din următoarele componente (fig. 4.29):

- Receptorii specializaţi din organe şi vase sanguine (interoceptori) care sunt: baroreceptori (pentru presiune), chemoreceptori (pentru variaţiile de concentraţie a substanţelor chimice), osmoreceptori (pentru osmolaritatea soluţiilor) şi receptori la durere.
- Calea aferentă (de transmitere a informaţiilor către centrii medulari) o constituie prelungirile neuronului unipolar de pe ramura posterioară (senzitivă) a nervilor spinali (la fel ca pentru calea somatosenzitivă). Prin rădăcina posterioară, informaţiile culese sunt dirijate spre centrii vegetativi medulari.

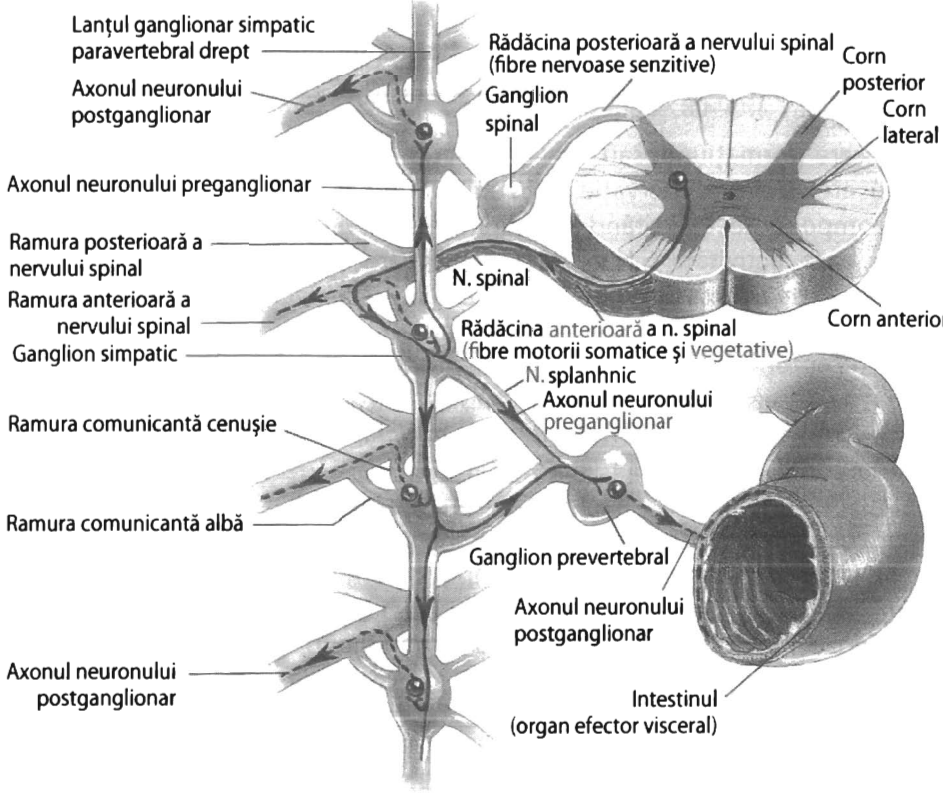


Fig. 4.29 – Structura şi conexiunile sistemului nervos simpatic.

• Centrii medulari sunt reprezentați de neuronii vegetativi din coarnele laterale ale substanței cenușii din măduva spinării. Aceştia reprezintă „primul neuron simpatic" (neuronul preganglionar) din lanțul de transmitere a comenzilor către organe. Coarnele laterale se întind pe aproape toată lungimea măduvei toracale şi lombare (T_1-L_3).

• Calea simpatică eferentă pleacă de la acest „prim neuron", sub forma fasciculelor formate din axonii care iau calea rădăcinii anterioare (motorie) a nervilor spinali (la fel ca şi calea somatomotorie). Aceste fascicule reprezintă fibrele simpatice preganglionare.

• După un foarte scurt traiect prin nervul spinal, fibrele preganglionare simpatice se separă de fibrele somatomotorii din nerv şi iau calea ramurilor comunicante albe (denumite astfel, fiind fibre mielinizate). De aici ajung la ganglionii simpatici paravertebrali, unde fac sinapsă cu „al doilea neuron simpatic".

• Lanțurile ganglionare simpatice paravertebrale sunt două şiruri simetrice de ganglioni nervoşi (agregate de neuroni), situați de o parte şi de alta a coloanei vertebrale şi legați pe de o parte între ei prin ramuri internodale, iar pe de altă parte cu nervii spinali prin ramuri comunicante. În componența ganglionilor paravertebrali intră „cel de al doilea neuron simpatic" (postganglionar). Prelungirile (axonii) acestor neuroni reprezintă fibrele simpatice postganglionare, care se îndreaptă spre viscere sau (cel mai adesea) fac sinapse cu alți neuroni, formând plexuri nervoase de la care pleacă impulsuri spre viscere. De la neuronii din plexuri pornesc fibre postganglionare care ajung la nivelul diferitelor organe. Ganglionii simpatici paravertebrali sunt distribuiți de-a lungul celor două lanțuri astfel:

– 3 perechi de ganglioni cervicali (ultimul ganglion cervical se anastomozează cu primul ganglion toracal, formând ganglionul stelat). Fibrele postganglionare plecate de la aceşti trei ganglioni merg spre organele de la cap şi gât, dar şi la inimă (nervii cardiaci simpatici);

– 12 perechi de ganglioni toracali. Fibrele postganglionare de la ganglionii T_1-T_4 merg la organele din torace (trahee, bronhii, plămâni, esofag, aortă), iar cele de la T_5-T_{12} la organele din abdomen (tubul digestiv şi glandele anexe);

– 5 perechi de ganglioni lombari. Fibrele post-ganglionare – ca şi cele de la ganglionii sacrați – ajung la organele aparatului urinar şi la organele genitale;

– 4 perechi de ganglioni simpatici sacrați.

• **Plexurile simpatice** sunt rețele de fibre nervoase şi de ganglioni nervoşi (formați din agregate de neuroni vegetativi simpatici). La formarea acestor plexuri participă fibre efectoare din ganglionii simpatici paravertebrali şi fibre eferente provenite direct din coarnele laterale ale măduvei, care vin

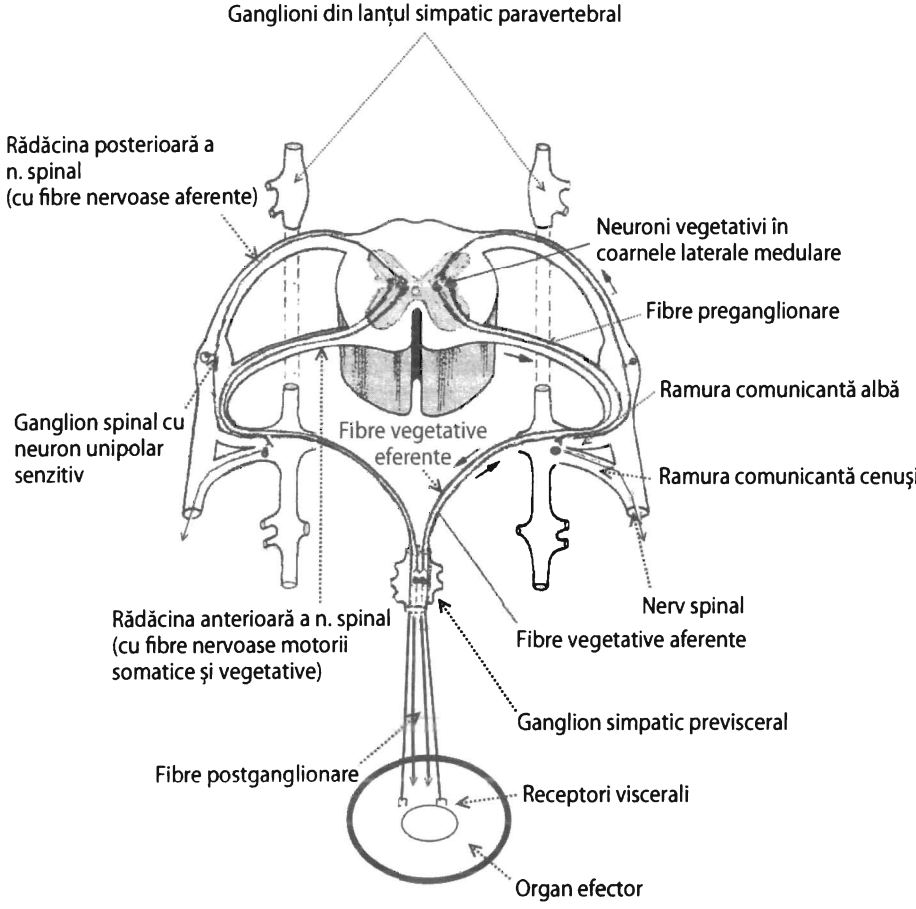


Fig. 4.30 – Arcul reflex vegetativ simpatic.

prin ramurile comunicante albe. În plexuri se află cel de al III-lea neuron vegetativ simpatic. Principalele plexuri simpatice sunt:

– *Plexul cardiac,* situat în cavitatea toracică, la baza inimii, şi care este alcătuit dintr-o porțiune superficială (localizată în concavitatea arcului aortic) şi una profundă (situată între arcul aortic şi trahee), ambele strâns interconectate.

– *Plexul celiac (plexul solar)* se află în cavitatea abdominală, înconjurând artera celiacă. Are în componența sa doi ganglioni mari semilunari – ganglionii celiaci), uniți printr-o rețea densă de fibre vegetative. De la acest plex pornesc o serie de plexuri secundare cu zona de acțiune asupra diferitelor organe abdominale: plexul frenic; plexul hepatic; plexul lienal (splenic); plexul gastric superior; plexul suprarenal; plexul renal; plexul abdominal aortic; plexul mezenteric superior; plexul mezenteric inferior.

– *Plexul hipogastric* este situat în bazin, în fața ultimei vertebre lombare. El se divide în două plexuri pelvine, de la care pleacă numeroase ramuri către viscerele din pelvis, alcătuind noi plexuri, mai mici: plexul hemoroidal mijlociu; plexul vezical; plexul prostatic la bărbați; plexul uterin şi plexul vaginal la femei.

De notat că în multe plexuri se asociază şi ramuri ale nervului vag (X), deci componentă parasimpatică, astfel încât în fibrele postganglionare ale unui plex pot fi reprezentate ambele sisteme vegetative.

• **Ramurile comunicante cenuşii** – conținând fibre amielinice – se desprind din ganglionii simpatici paravertebrali şi – după un scurt traiect – reintră în nervii spinali de la acelaşi nivel. În componența lor intră fibre simpatice postganglionare cu destinația către muşchii netezi ai firelor de păr şi către musculatura netedă din peretele vaselor de sânge din tegumente şi din muşchii striați somatici.

Arcul reflex simpatic are căi aferente la fel cu reflexul parasimpatic. Comenzile elaborate de centrii vegetativi superiori se îndreaptă spre centrii simpatici medulari, localizați în coarnele laterale din segmentele T_1–L_3. De la aceştia porneşte calea eferentă, formată din doi neuroni. Acțiunile sistemului simpatic diferă în funcție de organul sau formațiunea inervată, ele fiind antagoniste față de acțiunile sistemului parasimpatic, după cum reiese din → Tabelul 4.7.

4.3.2. SISTEMUL NERVOS PARASIMPATIC *[The parasympathetic nervous system]*

Include două componente: parasimpaticul cranian şi cel sacrat.

• **Parasimpaticul cranian** este reprezentat prin nucleii vegetativi ai nervilor cranieni din trunchiul cerebral [→ Cap. 4.2.3 – TRUNCHIUL CEREBRAL şi 4.2.4 – NERVII CRANIENI] şi anume:

– *Nucleul vegetativ al nervului* oculomotor (III) din pedunculii cerebrali. Fibrele preganglionare plecate de la acest nucleu pătrund în nervul III (oculomotor) şi fac sinapsă în ganglionul ciliar cu fibrele postganglionare, care ajung la musculatura circulară a pupilei (producând mioză) şi la fibrele circulare ale muşchiului ciliar, bombând cristalinul pentru vederea de aproape.

– *Nucleul lacrimal din punte.* Fibrele preganglionare împrumută calea nervului facial (VII) şi fac sinapsă în ganglionul pterigopalatin cu fibrele postganglionare, care ajung la glanda lacrimală.

– *Nucleul salivator superior* se găseşte, de asemenea, în punte. Fibrele preganglionare pătrund în nervul VII bis (intermediar) şi fac sinapsă în gan-

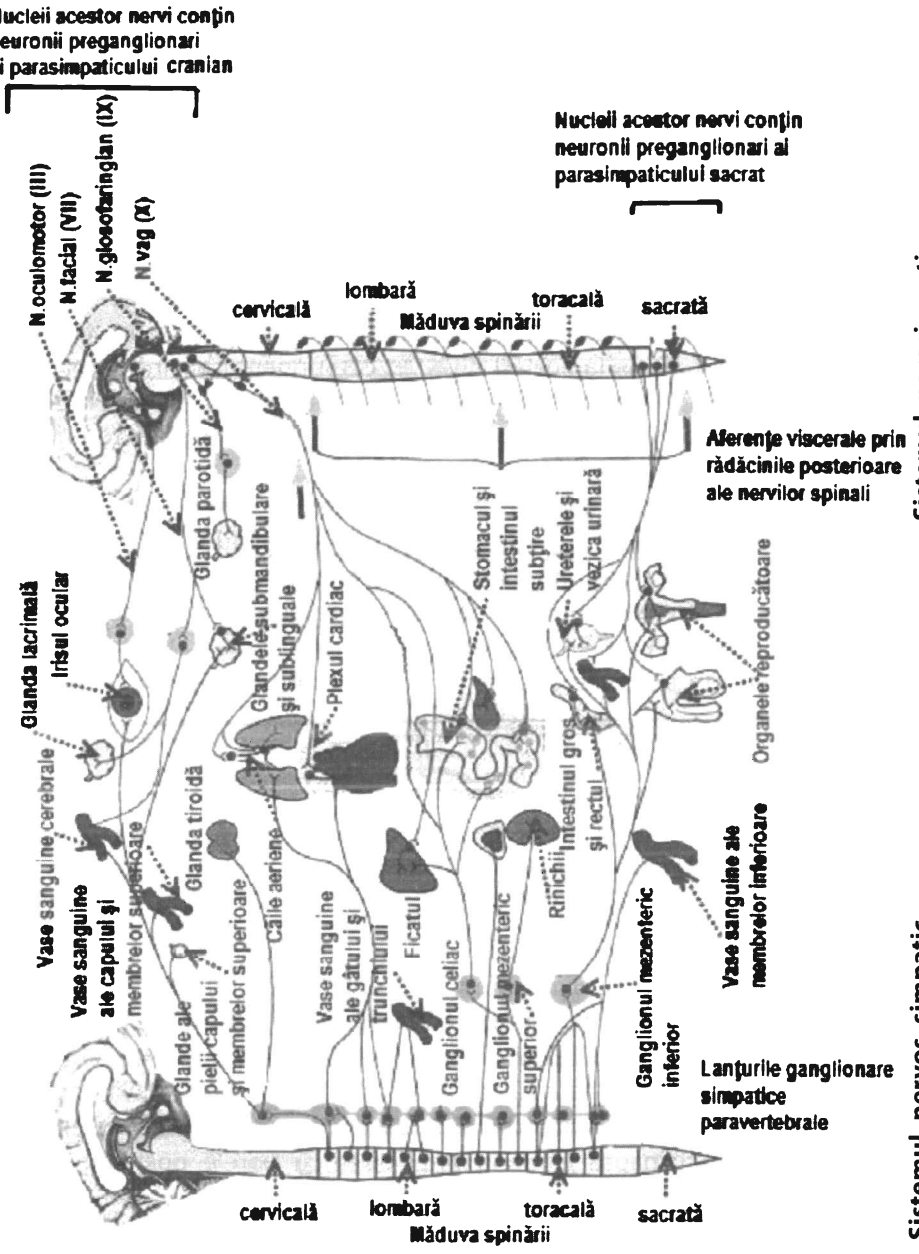


Fig. 4.31 – Componentele şi teritoriul de acţiune ale sistemului nervos simpatic alături de cel al sistemului parasimpatic.

glionul submandibular cu fibrele postganglionare, care ajung la glandele sublinguală şi submandibulară, provocând o secreţie salivară abundentă şi apoasă.

– *Nucleul salivator inferior* se află în bulb. Fibrele preganglionare pătrund în nervul glosofaringian (IX) şi fac sinapsă în ganglionul otic cu fibrele postganglionare, care ajung la glanda parotidă determinând o secreţie salivară apoasă, abundentă. Tot pe calea nervului glosofaringian, alte fibre au destinaţia spre musculatura netedă a esofagului (comandând timpul esofagian [involuntar] al deglutiţiei) şi spre musculatura netedă a laringelui.

– *Nucleul dorsal al vagului* (cardiopneumoenteric) este situat în bulb. Fibrele preganglionare pătrund în nervul vag (X) şi se distribuie (după ce au făcut sinapsă în diferiţi ganglioni) la aparatul cardiovascular, aparatul respirator şi la o parte din segmentele tubului digestiv. Vagul acţionează asupra musculaturii netede a esofagului (intervenind în timpul esofagian al deglutiţiei), asupra musculaturii laringelui, a bronhiilor mici (determinând bronhoconstricţie), a stomacului, a jejuno-ileonului, a colonului ascendent şi a jumătăţii drepte a colonului transvers (asupra musculaturii tubului digestiv, parasimpaticul acţionează prin stimularea peristaltismului şi progresia conţinutului alimentar şi intestinal, totodată relaxând sfincterele de pe acest traiect).

Sinapsa între fibrele pre- şi postganglionare se face în plexul cardiac pentru aparatul cardiovascular, în plexul bronhopulmonar pentru aparatul respirator şi în plexurile submucos şi mienteric pentru tubul digestiv.

• **Parasimpaticul sacrat** (pelvin) îşi are originea în măduva sacrată (S_2-S_4). În lanţul parasimpatic sacrat, succesiunea verigilor componente este următoarea:

– neuronii preganglionari se află în coarnele laterale ale segmentelor medulare S_2-S_4;

– de la ei pornesc fibre vegetative care participă la formarea plexului mezenteric inferior. De la acesta pleacă fibre spre jumătatea stângă a colonului transvers, colonul descendent, colonul sigmoid şi rect (prin fibrele parasimpatice este stimulat peristaltismul intestinal şi actul defecaţiei);

– alte fibre parasimpatice se îndreaptă – de la centrii medulari S_2, S_3 şi S_4 prin nervii pelvini – spre vezica urinară, unde acţionează în sensul favorizării micţiunii adică stimulează contracţia detrusorului vezical şi relaxează sfincterul vezical intern;

– alte fibre sunt destinate funcţiei erectile la bărbat.

Toate sinapsele din sistemul parasimpatic folosesc drept neurotransmiţător numai acetilcolina. Sunt deci sinapse colinergice.

TABELUL 4.7

Comparaţie între acţiunile sistemului nervos vegetativ simpatic şi ale celui parasimpatic

	SNV simpatic	SNV parasimpatic
Sediul neuronilor preganglionari	În coarnele laterale ale substanţei cenuşii din măduva toraco-lombară (T_1-L_3)	Are două componente: – parasimpaticul cranian: în nucleii vegetativi ai nervilor cranieni, situaţi în trunchiul cerebral; – parasimpaticul sacrat: în coarnele laterale din măduva sacrată (S_2-S_4)
Caracteristicile fibrelor efectoare preganglionare	Scurte: se întind de la coarnele laterale până în ganglionii simpatici paravertebrali	Lungi: se întind de la nucleii din trunchiul cerebral şi din măduva sacrată până în apropierea organului efector
Sediul neuronilor postganglionari	În lanţurile ganglionare simpatice paravertebrale	În apropierea organului efector sau chiar în peretele acestuia
Caracteristicile fibrelor efectoare postganglionare	Lungi: se întind de la plexurile formate prin anastomoze cu alţi ganglioni simpatici până la organul efector	Foarte scurte sau inexistente
Existenţa altor ganglioni nervoşi intercalaţi până la organul efector	Da, în plexurile care se formează prin anastomoze între fibre şi alţi ganglioni [→ descriere în text]	Da, sub formă de ganglioni nervoşi pe traiectul fibrelor nervoase spre organe
Mediator chimic la sinapsa dintre neuronii preganglionari şi cei postganglionari	Acetilcolina (sinapsă colinergică)	Acetilcolina (sinapsă colinergică)
Mediator chimic la sinapsa dintre neuronii postganglionari şi organul efector	Noradrenalina (sinapsă adrenergică)	Acetilcolina (sinapsă colinergică)
Acţiune asupra glandelor sudoripare	Determină creşterea transpiraţiei	
Acţiune asupra muşchilor radiari ai irisului	Contracţie, realizând midriază (pe calea fibrelor simpatico-plecate din ganglionul cervical superior al lanţului simpatic)	–
Acţiune asupra muşchilor circulari ai irisului	–	Contracţie, realizând mioză [pe calea fibrelor eferente vegetative din n. oculomotor (III)]

Acţiune asupra muşchilor ciliari ai globului ocular	Contracţia fibrelor radiare, care aplatizează cristalinul pentru vederea la depărtare (fibrele circulare se relaxează)	Contracţia fibrelor circulare care bombează cristalinul pentru vederea la apropiere (fibrele radiare se relaxează)
Acţiune asupra glandelor lacrimale	Vasoconstricţie cu diminuarea secreţiei lacrimale	Vasodilataţie cu producerea secreţiei lacrimale
Acţiune asupra glandelor salivare	Vasoconstricţie, cu producerea unei salive vâscoasee	Vasodilataţie cu producerea unei salive apoase
Acţiune asupra bronhiilor mici şi mijlocii	Produce bronhodilatare	Produce bronhoconstricţie
Acţiune asupra inimii	Produce tahicardie, măreşte forţa de contracţie a miocardului, creşte debitul cardiac	Produce bradicardie, reducerea forţei de contracţie a miocardului, scăderea debitului cardiac
Acţiune asupra arterelor coronare	Coronarodilatator	Coronaroconstrictor
Acţiune asupra vaselor din marea circulaţie	Vasoconstricţie, hipertensiune arterială, mobilizarea sângelui de rezervă.	Vasodilataţie, hipotensiune arterială
Acţiune asupra musculaturii netede longitudinale gastrointestinale	Scade tonusul muscular şi motilitatea tubului digestiv, producând inhibiţia mişcărilor peristaltice	Creşte tonusul muscular şi motilitatea (peristaltismul)
Acţiune asupra sfincterelor din tractul gastrointestinal	Produce creşterea tonusului şi constricţia sfincterelor	Produce relaxarea sfincterelor, favorizează evacuarea stomacului şi defecaţia
Acţiune asupra secreţiilor din tractul gastrointestinal	Inhibă secreţia gastrică şi intestinală	Stimulează secreţiile
Acţiune asupra pancreasului	–	Stimulează secreţiile exocrine
Acţiune asupra vezicii urinare	De la centrii medulari L_1, L_2 şi L_3 prin ganglionii simpatici corespunzători, acţionează pe calea nervilor hipogastrici şi anume relaxează muşchiul detrusor al vezicii şi contractă sfincterul vezical intern (favorizează reţenţia de urină)	De la centrii medulari S_2, S_3 şi S_4, pe calea nervilor pelvini, stimulează peristaltismul ureteral, contractă muşchiul detrusor al vezicii şi relaxează sfincterul vezical intern (favorizează micţiunea)

TABELUL 4.7 (continuare)

	SNV simpatic	SNV parasimpatic
Acţiune asupra vaselor tegumentare	Produce vasoconstricţie periferică	Produce vasodilataţie în anumite teritorii
Acţiune asupra vaselor din muşchi	Vasodilataţie	
Acţiune asupra vaselor cerebrale	Vasoconstricţie uşoară	
Acţiune asupra centrului termo-reglării din hipotalamus	Termogeneză (sediul în hipotalamusul posterior)	Termoliză (sediul în hipotalamusul anterior)
Acţiune asupra metabolismului ntermediar şi energetic	Stimulează catabolismul lipidelor şi glicogenoliza, determinând creşterea glicemiei.	Reduce consumul energetic, favorizează anabolismul
Acţiune asupra unor glande endocrine	Stimulează secreţia medulo-suprarenalei	

Locul sinapsei între fibra preganglionară şi cea postganglionară

– În cazul sistemului simpatic, sinapsa este în ganglionii laterovertebrali, aparţinând lanţurilor paravertebrale. Deoarece aceste lanţuri ganglionare sunt foarte apropiate de măduvă, se explică de ce fibra preganglionară în sistemul simpatic este scurtă, în timp ce fibra postganglionară este mai lungă.

– În cazul sistemului parasimpatic, sinapsa între fibra preganglionară şi cea postganglionară se face în ganglionii juxtaviscerali sau intramurali (aflaţi chiar în peretele organului, cum sunt plexurile submucos şi mienteric din pereţii tubului digestiv). Fibra preganglionară este deci lungă, iar cea postganglionară foarte scurtă, fiind aproape de organul efector.

Mediatorii chimici (neurotransmiţătorii)

La ambele sisteme nervoase vegetative, între fibra preganglionară şi cea postganglionară se eliberează acelaşi mediator chimic: *acetilcolina* (sinapsă colinergică).

În cazul sistemului simpatic, neuronul postganglionar îşi trimite impulsul nervos spre organul efector prin *noradrenalină* (sinapsă adrenergică), iar în cazul parasimpaticului, mediatorul chimic al fibrei postganglionare este *acetilcolina* (sinapsă colinergică).

4.3.3. FIZIOLOGIA SISTEMULUI NERVOS VEGETATIV *[Autonomic nervous system physiology]*

Sistemul nervos vegetativ coordonează activitatea tuturor organelor interne, fiecare organ având o dublă inervaţie vegetativă: simpatică şi parasimpatică. Acţiunile acestor două sisteme sunt antagoniste, ele realizând astfel un echilibru funcţional [→ Tabelul 4.7].

Hipotalamusul este formaţiunea care coordonează cele două tipuri de inervaţie. Excitarea hipotalamusului anterior duce la creşterea tonusului parasimpatic, iar a celui posterior la creşterea tonusului simpatic. Între reacţiile vegetative şi activitatea psihosomatică a individului, există o coordonare strânsă, realizată la nivelul scoarţei cerebrale. Impresiile interoceptive de la nivelul viscerelor pot modifica tonusul funcţional cortical, iar actele psihice emoţionale sau activitatea motorie voluntară sunt însoţite de modificări corespunzătoare în activitatea aparatului cardiovascular, digestiv etc. Pe scoarţa cerebrală, la nivelul lobului prefrontal şi pe faţa orbitală a lobului frontal, se află arii corticale vegetative, cu rol în integrarea somato-vegetativă a individului.

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA SISTEMULUI NERVOS VEGETATIV *[Application to the pathology of the autonomic nervous system]*

În **boala Raynaud** se produce o vasoconstricţie intensă a extremităţilor de la mâini şi picioare, însoţită de cianoza degetelor, răcirea tegumentelor locale, senzaţie de degete moarte, ulceraţii ale pielii şi chiar zone de necroză la degete. Printre alte tratamente, se efectuează stelectomia, adică rezecţia ganglionului simpatic stelat (al III-lea şi totodată ultimul ganglion din grupa cervicală, care este anastomozat cu primul ganglion simpatic din seria toracală). Scopul intervenţiei este suprimarea efectului simpatic, care este vasoconstrictor. Uneori - ca o complicaţie postoperatorie - se instalează mioza (plus alte tulburări oculare), datorită suspendării acţiunii sistemului simpatic asupra inervaţiei radiare a irisului.

5. ANALIZATORII
[THE SENSORY ORGANS]

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Excitabilitate* = proprietatea ţesuturilor vii de a răspunde la diferiţi stimuli (mecanici, electrici, chimici, unde sonore, unde luminoase) prin reacţii specifice.
- *Excitaţie* = acţiunea de stimulare sau iritare a materiei vii.
- *Percepţie* = reflectarea obiectelor şi fenomenelor din mediul ambiant în totalitatea lor, prin acţiunea nemijlocită asupra organelor de simţ.
- *Prag* (în domeniul analizatorilor) = nivelul minim de intensitate pe care trebuie să-l aibă un stimul acţionând asupra unui receptor, pentru a produce o senzaţie.
- *Sensibilitate epicritică* = forma diferenţiată, fină, a sensibilităţii, care include discriminarea tactilă, stereognozia, somatognozia, topognozia [→ mai jos].
- *Sensibilitate exteroceptivă* = proprietatea de a recepţiona excitaţii provenite din mediul extern (tactile, termice, dureroase, de presiune), care acţionează la suprafaţa corpului. Este deci o sensibilitate superficială.
- *Sensibilitate interoceptivă (visceroceptivă)* = proprietatea de a recepţiona excitaţii de la organele interne.
- *Sensibilitate proprioceptivă (profundă)* = proprietatea de a recepţiona excitaţii de la muşchi, tendoane, articulaţii, periost, privind poziţia şi mişcările corpului.
- *Sensibilitate protopatică* = forma elementară a sensibilităţii, care include senzaţiile tactile, termice, dureroase, mioartrokinetice; este o formă grosolană a sensibilităţii.
- *Senzaţie* = reflectarea însuşirilor izolate ale obiectelor şi fenomenelor din mediul ambiant, care acţionează asupra organelor de simţ.
- *Somatognozie* = capacitatea de a cunoaşte situaţia şi modificările diferitelor regiuni ale corpului.

- *Stereognozia* = capacitatea de a identifica obiectele fără a le vedea, numai prin explorare tactilă, pe baza proprietăților lor fizice (formă, consistență, greutate, temperatură).
- *Topognozia* = capacitatea de a localiza precis locul unde acționează un excitant.

TABELUL 5.1

Structura generală a unui analizator

Segmentul periferic: celule receptoare specializate (înconjurate de celule de susținere)
↓
Segmentul intermediar: calea de transmitere a undei de excitație, incluzând unul sau mai mulți neuroni dispuși în lanț și fibre nervoase aferente înmănunchiate în nervi senzitivi
↓
Segmentul central: Centrul cortical superior de integrare

Referitor la componentele oricărui analizator, sintetizate în tabelul 5.1, trebuie făcute următoarele precizări:

a) **Celulele receptoare** formează segmentul periferic al oricărui analizator. Ele sunt specializate pentru o anumită formă de energie și – în raport cu stimulii la care răspund – permit clasificarea în:

– exteroreceptori, care primesc informații de la obiectele și fenomenele din exteriorul corpului (din mediul înconjurător);

– proprioreceptori, care semnalizează poziția corpului, a extremităților sale, precum și mișcările oricărui segment;

– interoreceptori, care adună informații de la organele interne, sistemul vascular și de la compoziția sângelui (fig. 5.1).

Stimulii care acționează asupra receptorilor produc o depolarizare a suprafeței de membrană a celulelor receptoare, care constituie potențialul de receptor. Intensitatea lui este direct proporțională cu cea a stimulului. Dacă intensitatea potențialului de receptor ajunge la un anumit prag, se naște potențialul de acțiune, care se propagă mai departe, de-a lungul fibrei nervoase. Este de menționat că și un stimul nespecific, dacă acționează cu o intensitate foarte mare asupra unui receptor, poate declanșa potențialul de acțiune al acestuia. (Expresia populară „lovitura primită a fost atât de puternică încât a văzut stele verzi" ilustrează efectul unui puternic stimul mecanic asupra fotoreceptorilor specializați din retină).

De notat la unii analizatori, în segmentul periferic, prezența celulelor de susținere de tip epitelial, alături de receptorii specializați. Aceste celule de susținere NU au nici un rol funcțional în înregistrarea stimulilor care acționează asupra analizatorului.

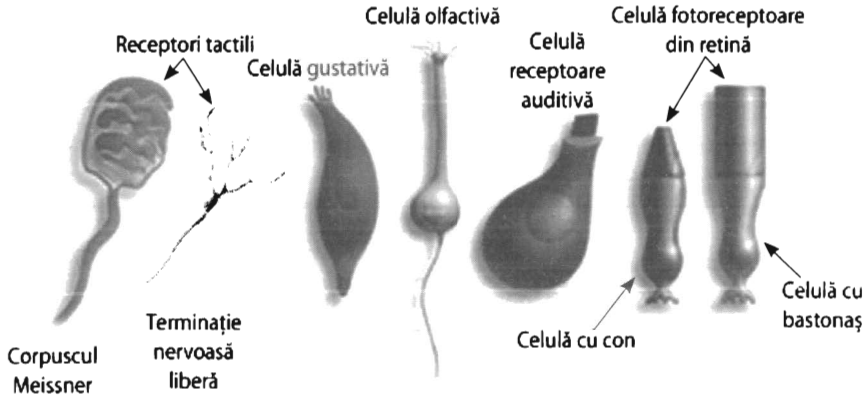


Fig. 5.1 – Diferite forme de receptori periferici.

b) **Căile de transmitere** reprezintă segmentul intermediar al analizatorului. Aceste căi sunt formate din fibre aferente prin care informaţiile culese de receptori sunt trimise către centrii specializaţi din scoarţa cerebrală. Pe diferitele căi ale analizatorilor se întâlnesc mai multe sinapse interneuronale. Căile de transmitere a senzaţiilor sunt de două feluri:

– calea directă spino-talamo-corticală prin care impulsurile se propagă rapid, ajungând în final la zonele corticale specializate, rezultând senzaţii precise şi imagini bine conturate;

– calea indirectă prin sistemul reticulat activator ascendent [S.R.A.A. → Cap. 4.2.3.4], unde impulsurile se propagă lent, iar proiecţia lor corticală este difuză şi nespecifică.

c) **Centrul superior de integrare** este segmentul cortical (central) al analizatorului. Aici, zonele specializate pentru diferitele categorii de stimuli, aparţinând neocortexului senzitiv, fac analiza, sinteza şi integrarea informaţiilor primate şi le transformă în senzaţii specifice (tactile, termice, vizuale, auditive, dureroase) care apar în câmpul conştienţei.

5.1. ANALIZATORUL CUTANAT ŞI STRUCTURA PIELII

[The organ of touch and the skin structure]

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Feromoni* = substanţe secretate prin piele, emanate în mediul ambiant şi care, percepute de indivizi din aceeaşi specie, le imprimă diferite atitudini comportamentale (atracţie, respingere).

- *Folicul pilos* = formaţiune microscopică în formă de sac, situată în derm şi în care se află rădăcina unui fir de păr şi muşchiul erector (ridicător) al acestui fir.
- *Keratină* = proteină fibroasă bogată în sulf, prezentă în stratul cornos al epidermului, în unghii, lână, păr etc.
- *Streptococul hemolitic* = bacterie de formă sferică ce poate produce diferite boli infecţioase, printre care şi infecţii ale pielii.
- *Ţesut celulo-adipos subcutanat* = ţesutul conjunctiv presărat cu zone de celule grase (la persoanele obeze aceste zone sunt foarte întinse şi profunde!) care se află în hipoderm.

PIELEA *[The skin]*

Este învelişul extern al corpului, cu funcţii multiple de protecţie şi apărare. Are o suprafaţă de cca 1,73 m^2 (la un adult cu greutate şi înălţime medie) şi este înzestrată cu o varietate şi un număr foarte mare de receptori, care alcătuiesc segmentul periferic al analizatorului cutanat.

TABELUL 5.2

Structura generală a analizatorului cutanat

Segmentul periferic: terminaţiile nervoase libere din epiderm şi derm; receptorii cutanaţi specializaţi din derm şi hipoderm.
↓
Segmentul intermediar: căile sensibilităţii exteroceptive (fasciculele Goll şi Burdach; fasciculul spinotalamic lateral; fasciculul spinotalamic anterior).
↓
Segmentul central: aria somestezică din scoarţa cerebrală (în girusul postcentral al lobului parietal).

5.1.1. STRUCTURA PIELII *[The skin structure]*

Pielea cuprinde (fig. 5.2):

• **Epidermul,** stratul superficial al pielii, format dintr-un epiteliu pavimentos stratificat. Pe membrana bazală a acestuia se află un rând cu celule înalte (stratul bazal), apoi – înaintând spre suprafaţă – urmează rânduri de celule poliedrice, iar la exterior sunt celule epiteliale turtite şi cheratinizate (alcătuind stratul cornos). Epidermul este traversat de fire de păr, de canalele excretoare ale glandelor sudoripare (care se deschid la suprafaţa sa), de deschiderea glandelor sebacee şi de unele terminaţii nervoase libere cu funcţia de receptoare specializate. De notat că epidermul nu are vase sanguine proprii, el fiind deservit de reţeaua vasculară din derm.

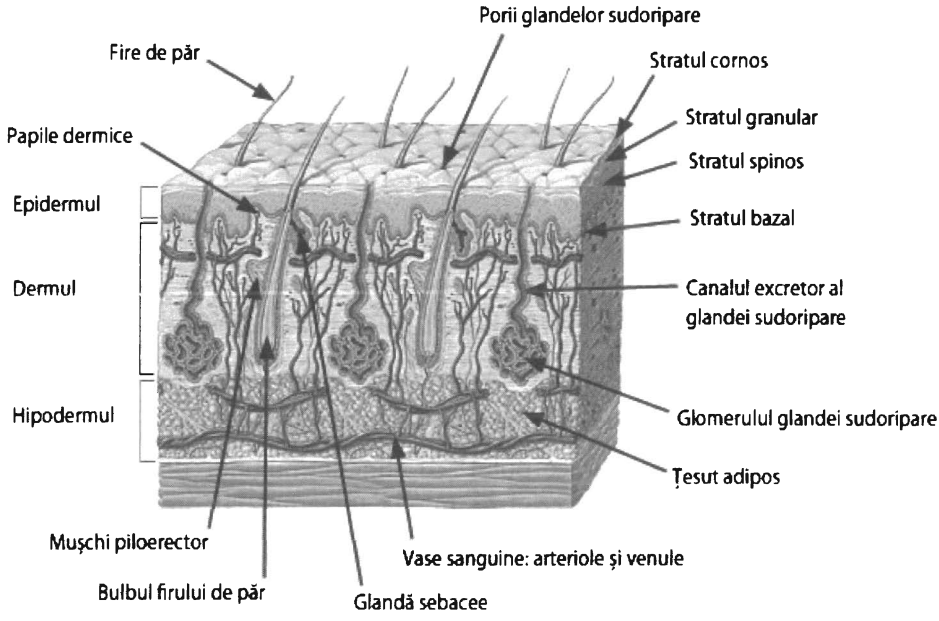


Fig. 5.2 – Pielea: straturile şi formaţiunile anexe.

• **Dermul,** stratul situat imediat sub epiderm, este format din ţesut conjunctiv dens neorientat. El conţine glandele sebacee, canalele de excreţie ale glandelor sudoripare, foliculii piloşi, muşchii firelor de păr (= muşchii piloerectori), vase capilare, unii dintre receptorii nervoşi. Papilele dermice, situate în partea superioară a dermului (spre epiderm), sunt formate dintr-o membrană sinuoasă cu proeminenţe şi conţin ţesut conjunctiv lax şi colagen. În zona lor se găsesc foliculii piloşi şi glandele sebacee.

• **Hipodermul**, stratul cel mai profund, este format din ţesut conjunctiv lax şi – în funcţie de starea de nutriţie a persoanei – dintr-un număr mai mic sau mai mare de celule adipoase (din acest motiv este denumit şi ***„ţesut celulo-adipos subcutanat"***). În hipoderm, există o reţea vasculară, glomerulii unora dintre glandele sudoripare, nervii cutanaţi, unii dintre receptorii cutanaţi (corpusculii Golgi-Mazzoni, Meissner şi Vater-Paccini) şi un rezervor de lipide reprezentat prin celulele adipoase.

5.1.2. ANEXELE PIELII *[The skin adnexa]*

• **Firele de păr** sunt răspândite aproape pe întreaga suprafaţă cutanată (exceptează fruntea, palmele, plantele, dosul picioarelor). Ele sunt mai lungi, au o structură mai complexă, o densitate mai mare şi o creştere mai

rapidă pe pielea păroasă a capului, în regiunile axilare şi regiunea pubiană, iar la bărbaţi şi pe bărbie, buza superioară şi obraji (în toate aceste regiuni cresc perii definitivi, maturi). Orice fir de păr se dezvoltă dintr-o mică formaţiune în formă de sac, situată în derm (foliculul pilos), are un muşchi piloerector, anexat în poziţie oblică la foliculul pilos şi – la majoritatea – o glandă sebacee anexată. Muşchiul piloerector este acţionat prin mecanism vegetativ (nesupus voinţei). Morfologic, firul de păr definitiv, matur, cuprinde: bulbul (care se află în papila dermică), rădăcina (care se întinde de la bulb până la locul de vărsare a glandei sebacee adiacente) şi tija (care constituie partea liberă, externă, vizibilă a firului de păr).

• **Glandele sudoripare** sunt de două feluri:

– *Glande ecrine*, răspândite pe cea mai mare parte a suprafeţei corpului, alcătuite din glomerul (aflat în derm) şi canalul excretor care se deschide la suprafaţa pielii printr-un por în formă de pâlnie. Ele secretă o sudoare hipotonă şi au rol în termoreglare, în hidratarea epidermului, precum şi în apărarea antiinfecţioasă prin acidul lactic excretat.

– *Glande apocrine*, situate în axile, în jurul anusului şi al mameloanelor, au deschiderea conductului exterior într-un folicul pilos. Sudoarea secretată de ele conţine în plus – faţă de cea a glandelor ecrine – molecule de lipide şi proteine plus feromoni. Ele se activează numai de la pubertate şi – din cauza descompunerii substanţelor organice de către bacterii – produc „mirosul de transpiraţie".

• **Glandele sebacee** sunt glande acinoase holocrine, anexate în mod obişnuit firelor de păr (realizând aparatul pilosebaceu). Secretă sebum, o grăsime cu compoziţie complexă, a cărei producere este controlată de sistemul nervos, dar mai ales de hormonii androgeni (care o stimulează) şi de cei estrogeni (care o inhibă).

• **Unghiile** sunt formate dintr-o lamă de keratină dură şi prezintă două părţi: rădăcina (matricea) care îi asigură creşterea şi placa cornoasă care este compactă şi sudată la patul ungheal.

5.1.3. FUNCŢIILE PIELII *[The skin functions]*

• Acoperământ de protecţie mecanică pentru ţesuturile şi formaţiunile situate mai profund.

• „Manta" acidă, având un pH acid (4,2-5,8) cu efect bacteriostatic şi fungistatic.

• Organ de simţ (analizator) prin numeroşii receptori specializaţi.

• Organ termoreglator: pe de o parte, protecţie împotriva frigului prin stratul adipos şi vasoconstricţie; pe de altă parte, protecţie împotriva

supraîncălzirii (termoliză) prin vasodilatație, radiere, conducție, convecție şi evaporarea transpirației.

- Organ excretor prin glandele sudoripare.
- Componentă a sistemului imunitar prin celulele macrofage existente în țesutul celuloadipos subcutanat.
- Depozit de lipide prin celulele adipoase (foarte numeroase la persoanele obeze!).
- Absorbția unor substanțe şi medicamente (ex. nitroglicerina „Transderm").

5.1.4. RECEPTORII CUTANAŢI *[The sense receptors of the skin]*

– **Terminațiile nervoase libere** aflate în epiderm şi în derm, reprezintă cele mai simple forme de receptori. Ele servesc simțul tactil (pipăitul), al presiunii, al durerii, precum şi senzația de rece.

– **Corpusculii Meissner**, situați în derm, sunt foarte bogat reprezentați la degete şi la buze. Aceşti corpusculi sunt mecanoreceptori cu o mare sensibilitate (au pragul cel mai scăzut), înregistrează atingeri uşoare şi detalii şi fac diferențieri privind caracterele obiectelor pipăite.

– **Discurile Merkel**, tot mecanoreceptori, sunt răspândite în epiderm şi percep numai acțiuni mecanice puternice asupra pielii.

– **Corpusculii Vater-Pacini** sunt mecanoreceptori care se găsesc în țesutul celulo-adipos subcutanat, în muşchi şi articulații. Ei se prezintă încapsulați într-o teacă ovalară cu structură lamelară (sunt denumiți şi corpusculi lamelari). Sunt specializați în perceperea variațiunilor de presiune, a caracterului unor suprafețe (netede sau rugoase) şi a mişcărilor rapide, chiar de intensitate redusă.

– **Corpusculii Golgi-Mazzoni** sunt terminații nervoase senzoriale înconjurate de o capsulă lamelară, dar cu structură mai simplă. Se găsesc în țesutul subcutanat al vârfurilor degetelor de la mâini. Sunt sensibili la variațiunile de presiune.

– **Corpusculii Krause** sunt încapsulați şi specializați pentru senzația de rece.

– **Corpusculii Ruffini**, situați în profunzimea dermului, sunt de formă ovală, având o teacă conjunctivă în care se află terminațiile nervoase terminate cu mici butoni. Ei percep căldura şi – în plus – se mai găsesc în tendoane, unde înregistrează senzația de întindere.

Pentru **sensibilitatea dureroasă** nu se descriu formațiuni de un anumit tip, deşi se citează existența unor receptori nociceptivi şi există o cale

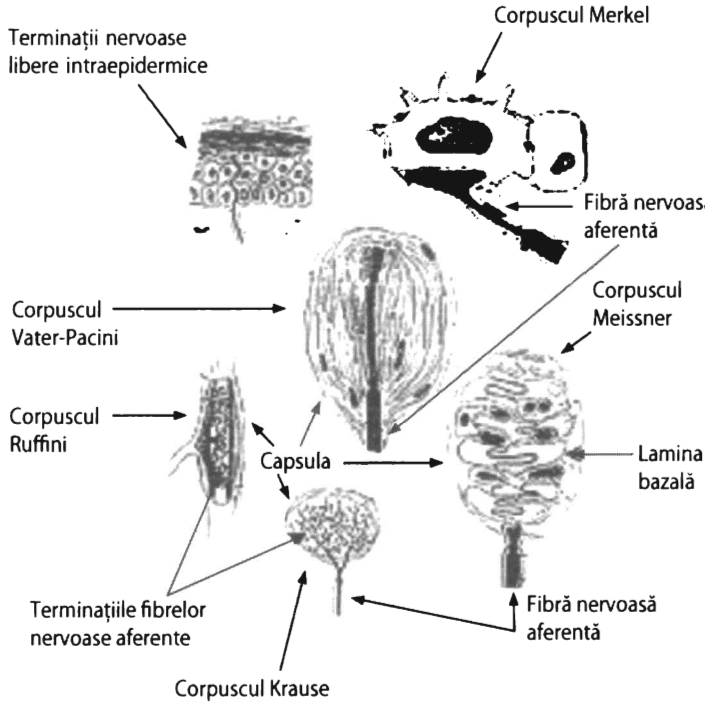


Fig. 5.3 – Receptorii senzitivi cutanați.

specializată de transmitere a durerii (fasciculul spinotalamic lateral al măduvei spinării care conduce sensibilitatea termo-algezică).

5.1.5. CĂILE SENSIBILITĂȚII EXTEROCEPTIVE *[Exteroceptive sensitivity pathways]*

• Pentru trunchi şi membre:

~ **Calea sensibilității tactile fine (epicritică)**. Această cale foloseşte fibre aferente de la protoneuronii din ganglionul spinal (axonii) care pătrund direct în cordoanele posterioare ale măduvei spinării, formând fasciculele spinobulbare [Goll = *fasciculus gracilis* şi Burdach = *fasciculus cuneatus*] şi având prima sinapsă în bulbul rahidian, unde se află deutoneuronul căii. De aici fibrele nervoase îşi continuă drumul spre talamus (unde fac releu cu al III-lea neuron al căii), apoi spre aria somatosenzitivă din girusul postcentral al lobului parietal.

~ **Calea sensibilității tactile grosolane (protopatică).** De la protoneuronii senzitivi din ganglionul spinal, fibrele formate din axonii acestora

fac sinapsă în coarnele posterioare medulare, de unde trec în cordonul anterior de aceeaşi parte, formând fasciculul spinotalamic anterior.

~ **Calea sensibilităţii termo-algezice (termică şi dureroasă).** Axonii protoneuronilor din ganglionul spinal fac sinapsă în coarnele posterioare medulare, apoi fibrele căii se încrucişează metameric în măduva spinării, intrând în cordonul lateral de partea opusă, unde formează fasciculul spinotalamic lateral. Următoarea sinapsă este situată în talamus.

• **Pentru teritoriul nervilor cranieni:**

Tipurile de sensibilitate menţionată iau calea fibrelor senzitive din cele trei ramuri ale nervului trigemen (V) adică nervul oftalmic, maxilar şi mandibular. În locul ganglionului spinal medular, protoneuronul senzitiv al trigemenului se găseşte în ganglionul trigeminal.

Toate informaţiile culese de receptorii cutanaţi ajung în final în aria somestezică a scoarţei cerebrale (situată în girusul postcentral din lobul parietal). Aici ele sunt conştientizate, analizate şi integrate şi tot de aici pornesc impulsuri către aria somatomotorie, în legătură cu diferitele răspunsuri motorii care vor fi comandate.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA PIELII *[Applications to the skin pathology]*

Arsurile *[Burns]* pot fi produse de flacără, corpuri incandescente, lichide fierbinţi, aburi sau substanţe chimice corosive (ex.: acid sulfuric, sodă caustică). După profunzime, se clasifică în arsuri de gradul I (superficiale), producând numai o înroşire a locului ars); de gradul II, interesând epidermul şi dermul (apar bule [băşici] pline cu lichid); de gradul III (profunde, producând necroză până la stratul muscular); de gradul IV (producând carbonizare care depăşeşte în profunzime stratul muscular). Pentru evaluarea gravităţii, la o arsură contează nu numai profunzimea, ci şi suprafaţa cutanată arsă. De notat că arsurile profunde sunt însoţite de coagularea proteinelor, cu eliberarea de proteaze, cu transsudare de plasmă şi cu stare de şoc. Fapt paradoxal, durerile nu sunt însă mai mari, deoarece s-a distrus un mare număr de receptori cutanaţi, astfel încât rămân prea puţine elemente care să perceapă stimulii dureroşi.

Celulita *[Cellulitis]* are o dublă semnificaţie: 1) În limbajul uzual înseamnă îngroşarea (mărirea) hipodermului prin depunere masivă de ţesut adipos. 2) În limbajul medical: inflamaţia (adeseori supurativă) a unei zone întinse din hipoderm (ţesutul celulo-adipos subcutanat).

Furunculul *[Boil, furuncle]* este o piodermită (adică o infecţie bacteriană a pielii însoţită de secreţie purulentă) produsă de stafilococ şi foarte

dureroasă. Sediul infecţiei se află în foliculul pilosebaceu. Se produce o necroză locală, cu formarea unui dop de puroi şi ţesut necrotic (burbionul furunculului) care, prin eliminare, lasă un mic crater pătrunzând până în derm.

Erizipelul *[Erysipelas]* este o dermită streptococică (produsă de streptococul hemolitic) nesupurată, manifestată prin apariţia unei zone roşii (placard), cu marginea uşor reliefată, dureros, însoţit de febră şi frison. Nu supurează niciodată şi are o contagiozitate moderată.

5.2. ANALIZATORUL VIZUAL (OPTIC) ŞI STRUCTURA OCHIULUI
[The organ of sight and the eye structure]

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Amauroză* = diminuare sau pierdere a vederii fără leziuni vizibile, decelabile, ale globului ocular.
- *Å = Ångström* = unitate de măsură a lungimii de undă şi a dimensiunilor atomice = 10^{-10} m = a zece mia parte dintr-un µm. În prezent, este tot mai puţin folosit, tinzându-se să fie înlocuit cu unităţile din sistemul internaţional metric. 1 nm (nanometru) = 10 Å.
- *Cecitate* = orbire = pierderea vederii prin leziuni ale mediilor transparente oculare (cornee, cristalin etc.), sau prin leziuni ale retinei, ale căii optice sau ale centrilor vederii.
- Λ sau λ = litera grecească lambda. Este utilizată pentru a exprima lungimea de undă a fenomenelor cu propagare ondulatorie (sunete, raze luminoase, unde radio etc.).
- *Lentilă convergentă* = tip de lentilă care concentrează toate razele luminoase primite într-un singur punct situat în spatele ei, numit focar principal. Aici se încadrează lentilele biconvexe şi cele plan-convexe. Ele furnizează imagini reale ale obiectelor.
- *Lentilă divergentă* = tip de lentilă care dispersează în mod uniform razele luminoase care o străbat, astfel încât imaginea obiectului este virtuală, convergenţa razelor luminoase realizând un focar în faţa lentilei. Aici se încadrează lentilele biconcave şi cele plan-concave.
- *Lumina* = radiaţie electromagnetică, propagată sub formă ondulatorie, cu lungimea de undă (λ) cuprinsă între 400 nm (violet) şi 770 nm (roşu) şi care impresionează receptorii vederii.

- *Raze infraroşii* = radiaţii electromagnetice a căror lungime de undă (λ) este superioară luminii vizibile (peste 770 nm), aflându-se la polul opus al spectrului faţă de lumina ultravioletă. Ele nu pot fi percepute de ochiul uman.
- *Raze ultraviolete* = radiaţii electromagnetice cu lungimea de undă sub 400 nm şi care nu pot fi percepute de ochiul uman.
- *Refracţie* = fenomen de abatere a direcţiei de propagare a unei unde, a unei radiaţii sau a unui corpuscul, când aceştia întâlnesc suprafaţa de separare a două medii de densităţi diferite.
- *Ser fiziologic* = soluţie de clorură de sodiu 0,9% (aceasta este denumirea corectă şi oficială), soluţie care este izotonă faţă de plasma deproteinizată. Are multiple întrebuinţări în tratamente externe, ca dizolvant al unor medicamente şi în compoziţia soluţiilor perfuzate intravenos.

TABELUL 5.3

Structura generală a analizatorului vizual

Segmentul periferic: celulele fotoreceptoare cu conuri şi bastonaşe din retină.
↓
Segmentul intermediar: calea optică (incluzând nervii optici [II]).
↓
Segmentul central: aria vizuală din scoarţa cerebrală (în lobul occipital, pe marginile scizurii [şanţului] calcarine).

5.2.1. GLOBII OCULARI (OCHII) *[The eyeballs (the eyes)]*

Fiecare dintre cei doi globi oculari are trei învelişuri, care – din afară înăuntru – sunt (fig. 5.4):

• **Sclerotica,** tunica protectoare aflată la exterior. Ea prezintă la polul anterior o porţiune transparentă, uşor bombată, *corneea.*

• **Coroida** este o tunică pigmentată şi vasculară, aflată înăuntrul scleroticii. În partea anterioară ea se îngroaşă, formând *corpul ciliar* (împreună, coroida, corpul ciliar şi stroma irisului formează *uveea [= tractul uveal]* care constituie tunica vasculo-conjunctivă a ochiului). Corpul ciliar este alcătuit din numeroase ghemuri vasculare, formând *procesele ciliare* cu rol în secretarea umorii apoase şi din *muşchii ciliari* (a se vedea mai jos).

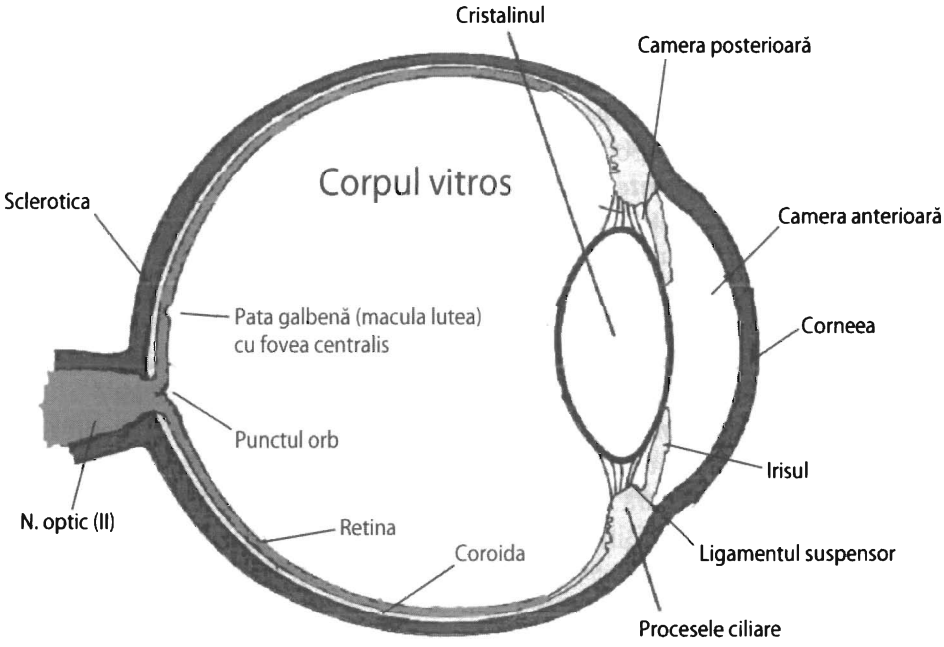


Fig. 5.4 – Secțiune sagitală prin globul ocular.

• **Retina** este tunica internă a globului ocular, căptușind cele 2/3 posterioare ale coroidei. Ea conține receptorii specializați pentru stimuli luminoși (celule fotoreceptoare). În total, retina are 10 straturi (descrise la microscop), dintre care cele mai importante – enumerând dinspre coroidă spre interiorul globului ocular – sunt:

~ ***Stratul pigmentar,*** care prin celulele încărcate cu pigment brun formează o adevărată „cameră obscură" în jurul celulelor fotoreceptoare ale retinei.

~ ***Stratul bastonașelor și conurilor*** este al celulelor fotoreceptoare. Există două tipuri de celule fotoreceptoare specializate:

– *celulele cu bastonașe,* sensibile la cantitatea de lumină primită, sunt necesare vederii nocturne, dar nu pot furniza detalii privind forma și culoarea obiectelor. Ele cuprind o serie de discuri suprapuse conținând pigmentul numit rodopsină (purpurul retinian), care este substanța fotosensibilă. În compoziția rodopsinei intră scotopsina (o substanță proteică) și retinenul (un pigment sintetizat numai cu ajutorul vitaminei A). Astfel, se explică de ce în hipovitaminoza A, vederea nocturnă și crepusculară are acuitatea mult scăzută;

– *celulele cu conuri* posedă ca substanță fotosensibilă pigmentul denumit iodopsină și au o sensibilitate mai mare, percepând clar formele și culorile obiectelor. Randamentul lor maxim este la lumină puternică.

~ ***Stratul nuclear extern,*** format din nucleii celulelor cu bastonașe și cu conuri (care se prezintă într-un aliniament comun).

~ ***Stratul plexiform extern,*** format din axonii celulelor cu bastonașe și cu conuri, din dendritele unor celule orizontale (celulele amacrine) și dendritele neuronilor bipolari (situați mai în interior).

~ ***Stratul nuclear intern,*** format din nucleii neuronilor bipolari. Aceștia reprezintă protoneuronul căii optice. Fiecare dintre ei face sinapsă cu mai multe celule cu bastonașe și cu mai multe celule cu conuri, iar între ei, neuronii bipolari sunt interconectați prin celule orizontale, realizându-se astfel o convergență a informațiilor.

~ ***Stratul plexiform intern,*** format din axonii protoneuronilor și dendritele celulelor ganglionare (care sunt situate mai în interior).

~ ***Stratul ganglionar*** este alcătuit din neuroni multipolari și reprezintă deutoneuronul căii optice. Mai mulți neuroni bipolari fac sinapsa cu o singură celulă ganglionară multipolară. Există o regiune de maximă acuitate vizuală, *fovea centralis* (situată în *macula lutea*), unde fiecare celulă cu conuri face sinapsă cu un singur neuron bipolar și acesta – la rândul lui – cu un singur neuron multipolar din stratul ganglionar (fig. 5.5).

Formațiuni și zone ale globilor oculari:

• **Irisul:** membrană circulară colorată (conferă culoarea ochilor), având în centru orificiul rotund prin care trec razele luminoase, ***pupila.*** Irisul este înzestrat cu mușchi netezi circulari (care prin contracție determină micșorarea

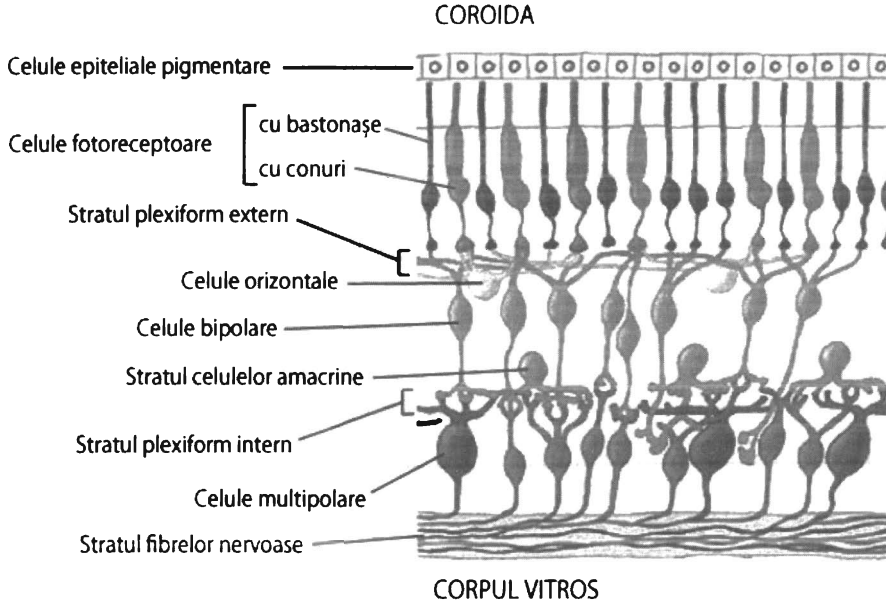


Fig. 5.5 – Straturile retinei și raporturile ei cu structurile învecinate.

pupilei = mioză, produsă sub acțiunea sistemului vegetativ parasimpatic) și cu mușchi netezi radiari (care prin contracție determină mărirea pupilei = midriaza, produsă sub acțiunea sistemului vegetativ simpatic). Fibrele vegetative motorii ajung la iris pe calea nervului oculomotor (III).

• **Uvea (tractul uveal):** tunica vasculară a ochiului alcătuită din stroma irisului, corpul ciliar și coroida.

• **Corpul ciliar:** segmentul din uvee care cuprinde procesele ciliare și mușchiul ciliar.

– **Procesele ciliare** sunt mici formațiuni glandulare radiare și mamelonate, situate în partea anterioară a corpului ciliar, la care aderă fibrele ce susțin cristalinul.

– **Mușchii ciliari,** mușchi netezi situați lângă procesele ciliare și care răspund la comenzile din partea sistemului nervos vegetativ (fibrele vegetative motorii ajung pe calea nervului oculomotor [III]). Contracția lor (care este reflexă) determină bombarea cristalinului, modificare indispensabilă pentru acomodarea la vederea din apropiere.

• **Cristalinul *[Lens]***, structură transparentă cu forma de lentilă biconvexă, situat îndărătul irisului, are posibilitatea bombării în mecanismul de acomodare, sub acțiunea mușchilor ciliari. Cristalinul este învelit în capsula cristalinului și ea tot transparentă.

• **Ligamentul suspensor al cristalinului** îl leagă pe acesta de mușchii ciliari care, prin contracția lor, îi modifică curbura. Acest ligament este deci numai o formațiune pasivă, pentru exercitarea tracțiunii.

• **Camera anterioară** este spațiul cuprins între cornee și iris, plin cu umoarea apoasă (un lichid transparent produs de procesele ciliare și drenat apoi în venulele globului ocular).

• **Camera posterioară** este spațiul cuprins între iris și cristalin, umplut cu umoarea apoasă, de care depinde presiunea intraoculară. De notat că umoarea apoasă este lichidul care transportă substanțele nutritive și plastice necesare la cornee și la cristalin, deoarece aceste formațiuni nu au vascularizație proprie.

• **Macula lutea** [din lb. latină: *pata galbenă*] este o zonă mică a retinei (cu diametrul de cca 1,5 mm), situată în regiunea dorsală a acesteia, pe axul antero-posterior. Este bogată în pigment galben și are mai multe straturi de celule ganglionare. În centrul maculei lutea se află *fovea centralis* [din lb. latină: *depresiunea centrală*] care are cea mai mare concentrare de celule cu con din retină și care realizează vederea de cea mai înaltă rezoluție.

• **Punctul orb *(punctum caecum)*** al ochiului este o zonă mică a retinei, situată sub *macula lutea*, la convergența tuturor axonilor neuronilor multipolari din stratul ganglionar, acolo unde se formează nervul optic. În acest punct nu există celule fotoreceptoare și deci proiectarea unui obiect în

punctul orb nu generează nici o imagine. Următoarea experienţă simplă îi demonstrează prezenţa. Pe o coală albă de hârtie se desenează la distanţa de cca 5-6 cm o cruce cu dimensiunile 5 × 5 mm şi un cerc umplut cu culoare, având diametrul de 5 mm [→ Fig. 5.6]. Acoperind ochiul drept cu mâna, cu ochiul stâng privim strict cercul (dar constatăm că vedem în acelaşi timp la periferia câmpului vizual şi crucea). Fixând în continuare cu ochiul stâng numai cercul, ne apropiem foarte încet de coala desenată. La un moment dat, crucea dispare de la periferia câmpului vizual, rămânând însă vizibil fundalul alb al colii. A fost momentul în care crucea s-a proiectat în punctul orb al ochiului stâng.

5.2.2. ANEXELE OCHILOR *[Adnexa oculi]*

• **Musculatura fiecărui glob ocular** este reprezentată prin:

– muşchiul drept superior care îndreaptă axa ochiului (privirea) în sus. Este inervat de către nervul oculomotor (III);

– muşchiul drept inferior care îndreaptă axa ochiului în jos. Este inervat tot de către n. oculomotor;

– muşchiul drept medial îndreaptă axa ochiului spre nas (adducţie). Este inervat tot de către n. oculomotor;

– muşchiul drept lateral îndreaptă axa ochiului spre ureche (abducţie). Este inervat de către nervul abducens (V);

– muşchiul oblic superior (marele oblic) roteaza globul ocular în sens medial şi în jos. Este inervat de către nervul trohlear (IV);

– muşchiul oblic inferior (micul oblic) roteaza globul ocular în sens lateral şi în sus. Este inervat de către nervul oculomotor (III).

La om, mişcările globilor oculari – care sunt voluntare – se pot desfăşura numai pentru ambii ochi concomitent şi sinergic (în aceeaşi direcţie). Aceste mişcări sunt coordonate din centrii motori situaţi în mezencefal şi în punte (nucleii motori ai nervilor cranieni III, IV şi VI), centri subordonaţi la rândul lor neuronilor piramidali din aria somatomotorie a scoarţei cerebrale (girusul precentral din lobul frontal), de unde pornesc toate comenzile pentru mişcările voluntare. Localizare mai precisă: sunt subordonaţi grupei de neuroni piramidali situaţi în partea inferioară a girusului precentral (fig. 5.7).

Fig. 5.6 – Demonstrarea punctului orb al ochiului.

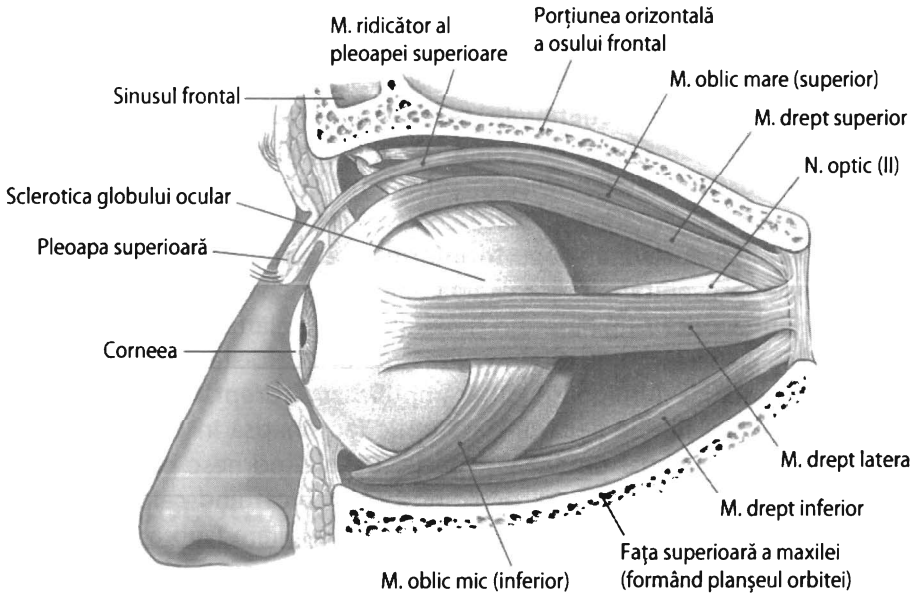


Fig. 5.7 – Mușchii globului ocular. Vedere laterală a globului ocular stâng.

• **Glandele lacrimale.** Există câte o glandă lacrimală în unghiul supero-extern al fiecărei orbite. Canalul nazolacrimal, pe unde se scurge secreția fiecărei glande, începe însă din unghiul intern al orbitei și se deschide în meatul nazal inferior. Inervația glandelor lacrimale este vegetativă, simpatică și parasimpatică și este asigurată de o ramură din nervul facial (VII). Fibrele parasimpatice sunt cele care produc vasodilatație și secreție lacrimală.

• **Pleoapele** sunt plicile cutaneo-mucoase care acoperă globii oculari, fiecare ochi având o pleoapă superioară și una inferioară. Au rol de protecție a ochilor. În momentul instalării somnului, ele se închid printr-un mecanism reflex. Pe marginea liberă a pleoapelor sunt implantate genele. În paralizia periferică a nervului facial (VII), pleoapele de partea paralizată nu se mai pot închide, orbicularul pleoapelor fiind comandat de n. facial. În această situație ochiul trebuie protejat prin comprese sterile, umezite tot timpul cu ser fiziologic.

5.2.3. CALEA OPTICĂ *[The visual pathway]*

Protoneuronul căii este reprezentat de către celulele bipolare din retină.

Deutoneuronul căii este reprezentat de către celulele neuronilor multipolari din stratul ganglionar al retinei.

Nervul optic (II) se constituie la fiecare ochi prin convergenţa axonilor neuronilor multipolari, în regiunea dorsală a globului ocular, la *punctum caecum* (zona lipsită de celule fotoreceptoare).

După un scurt traiect, fibrele celor doi nervi optici se întâlnesc în chiasma optică, unde fibrele provenite din jumătatea laterală (aria temporală) a retinei drepte se alătură celor provenite din jumătatea medială (aria nazală) a retinei stângi şi într-o teacă comună alcătuiesc tractul optic drept, care astfel va conduce mai departe informaţiile primite din câmpul vizual stâng. Fibrele provenite din jumătatea laterală (aria temporală) a retinei stângi se alătură celor originare din jumătatea medială (aria nazală) a retinei drepte şi într-o teacă comună formează tractul optic stâng, care astfel va conduce informaţiile luminoase din câmpul vizual drept.

În continuare, fibrele fiecărui tract optic fac sinapsă în corpul geniculat lateral (din metatalamus) de aceeaşi parte. De aici pornesc colaterale către nucleul mezencefalic al nervului oculomotor (III), alcătuind calea vegetativă prin care se transmite comanda pentru reflexele pupilare (sub acţiunea sistemului simpatic, midriază; sub acţiunea sistemului parasimpatic, mioză). Este

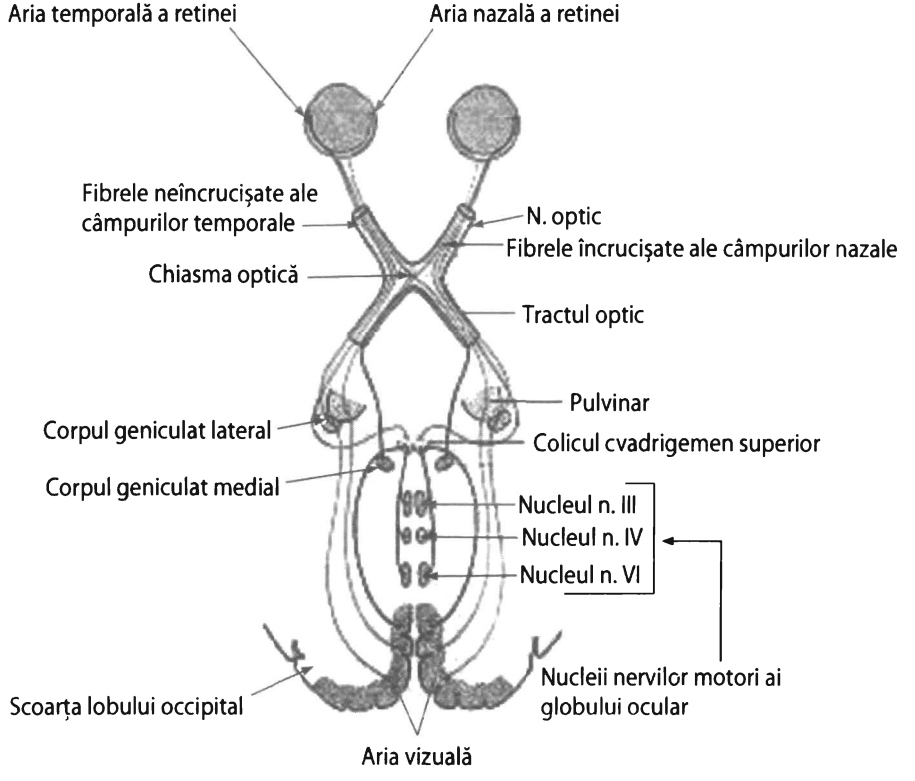


Fig. 5.8 – Calea optică.

de notat că dacă se produce o leziune a căii optice dincolo de chiasma optică, ea poate duce la pierderea vederii, dar reflexele pupilare se păstrează cu condiția ca arcul lor reflex să fi rămas intact.

De la corpul geniculat lateral, deci de la al III-lea neuron al căii optice, fibrele fiecărui tract optic se îndreaptă spre lobul occipital din emisfera cerebrală de aceeaşi parte, conducând informațiile luminoase până la segmentul central, reprezentat de aria vizuală, situată pe marginile scizurii (șanțului) calcarine. Aici se află cortexul vizual primar, unde sunt percepute dimensiunile şi formele obiectelor, gradul lor de luminozitate etc., dar ariile corticale învecinate (arii de asociație) contribuie la formarea unor imagini mai corecte şi mai complete a obiectelor percepute, datorită desfăşurării unor procese complexe psihovizuale (fig. 5.8).

5.2.4. FIZIOLOGIA VEDERII *[The sight physiology]*

Globul ocular poate fi comparat cu o cameră de fotografiat. În interiorul lui, un stimul luminos (o rază luminoasă) străbate succesiv următoarele medii:

- traversează corneea (care are o structură transparentă);
- trece prin camera anterioară a ochiului, spațiu ocupat de umoarea apoasă;
- pătrunde prin pupilă (orificiu circular, cu diametrul variabil, situat în iris);
- urmează străbaterea cristalinului care este structurat ca o lentilă biconvexă, dar având posibilitatea să-şi modifice curbura sub acțiunea muşchilor ciliari;
- îndărătul cristalinului se află corpul vitros, substanță transparentă cu caracter de gel care ocupă cea mai mare parte din volumul globului ocular;
- după traversarea corpului vitros, stimulul luminos ajunge la retină. De aici (din neuronii bipolari ai retinei) începe calea optică.

Mecanismul fotorecepției

Spectrul luminii – realizat prin refractarea unei unde luminoase printr-o prismă – cuprinde următoarea gamă de culori vizibile de către om, în ordinea descrescândă a lungimii de undă (λ): roşu (725 nm), portocaliu, galben, verde, albastru, indigo şi violet (400 nm). Razele cu lungime de undă (λ) mai mică de 400 nm sunt raze ultraviolete şi nu pot fi percepute de ochiul uman. Razele cu λ peste 725 nm sunt infraroşii şi nici ele nu pot fi percepute de ochi. Stimulii luminoşi sunt transformați de către celulele fotoreceptoare din retină în potențiale de acțiune care se propagă pe calea optică până la aria vizuală din cortex, situată în lobul occipital, în jurul scizurii (șanțului) calcarine. Aici se produc senzațiile vizuale.

În celulele cu bastonașe din retină, sub acțiunea razelor luminoase, rodopsina este scindată în componentele ei, scotopsina și retinenul. Retinenul este sintetizat din vitamina A și reface permanent rodopsina dezintegrată. Celulele cu bastonașe au rol în adaptarea lentă a vederii crepusculare și la întuneric, percepând obiectele în semiobscuritate. Avitaminoza A produce scăderea acuității vizuale la întuneric.

În celulele cu conuri din retină există iodopsina care este diferențiată în trei tipuri pentru perceperea celor trei culori fundamentale: roșu, verde și albastru. Celulele cu conuri, mai sensibile decât cele cu bastonașe, realizează funcția vizuală la lumină puternică și percepția culorilor.

Adaptarea completă a vederii la întuneric durează până la 20 de minute, fiind realizată inițial și mai slab de către celulele cu conuri, și ulterior, treptat dar mai consistent, de către celulele cu bastonașe (cu condiția unui aport normal de vitamina A). Readaptarea vederii la lumină necesită un interval mai scurt, de cca 5 minute.

Formarea imaginii corecte a obiectelor și nuanțele de culoare în care ele apar se datorează nu numai integrității și activității celulelor fotoreceptoare retiniene, ci și operațiunilor de analiză și sinteză care au loc la nivelul cortexului vizual.

Formarea imaginilor pe retină

Proiectarea obiectelor pe retină, cu formarea imaginilor, respectă legile din optica geometrică, privind refracția razelor luminoase prin medii de o densitate diferită, precum și legile referitoare la lentile.

Traversând corneea și umoarea apoasă din camera anterioară, ambele medii transparente, traseul unei raze luminoase nu este, practic, modificat. Dar ajungând la cristalin, acesta are proprietățile unei lentile biconvexe și anume proiectează pe retină o imagine reală, mai mică și răsturnată. Următoarele noțiuni sunt necesare pentru înțelegerea funcționării ochiului, asemenea unei camere de fotografiat:

– razele luminoase paralele dintr-un fascicul, provenite de la o sursă așezată la distanța de peste 6 m, traversând o lentilă biconvexă sunt refractate și converg toate într-un punct situat îndărătul lentilei, numit *focar principal*. Acesta este situat pe axul care trece prin centrul de curbură al lentilei;

– distanța dintre centrul lentilei și focarul principal se numește *distanță focală* (f). Ea este cu atât mai mică cu cât curbura lentilei este mai accentuată;

– unitatea care măsoară capacitatea de refracție a unei lentile se numește *dioptrie*. O dioptrie este puterea unei lentile cu distanța focală de un metru. Numărul de dioptrii reprezintă inversul distanței focale consemnat în metri. D = 1/f. (NOTĂ: în cazul lentilelor biconcave, care sunt divergente, dioptriile se notează cu semnul minus în față);

- axa antero-posterioară a ochiului are lungimea normală de 24 mm;
- distanța focală a globului ocular este de cca 17 mm.

Un obiect situat la peste 6 m distanță de ochi va determina apariția pe retină a unei imagini reală, mică și răsturnată. Spre deosebire de camera fotografică, în cazul ochiului (organ viu și deci cu mari posibilități de adaptare) intervine integrarea cu datele furnizate de alți analizatori și participarea unor centri de asociere, care fac ca imaginea să poată fi reprezentată „în picioare" și nu „cu susul în jos", cum apare în cazul lentilei.

Punctul remotum este distanța cea mai mică de la care un obiect poate fi văzut clar, fără intervenția mecanismului de acomodare (aproximativ 6 m).

Punctul proximum reprezintă distanța cea mai apropiată unde mecanismul de acomodare este încă eficient și permite formarea unei imagini clare a obiectelor. Odată cu înaintarea în vârstă, el se îndepărtează treptat.

Acomodarea ochiului la distanță este procesul prin care se realizează proiectarea pe retină a unui obiect situat la o depărtare mai mică de 6 m de ochi. În acest caz, mușchii netezi circulari din corpul ciliar se contractă și, ca urmare, ligamentele cristalinului se relaxează, iar cristalinul se bombează (își mărește curbura) datorită elasticității sale. În plus, se produce și o ușoară contractură a musculaturii extrinseci a globului ocular, modificându-se astfel lungimea axului antero-posterior și realizându-se o convergență a axelor celor doi ochi. Pupila se micșorează (= mioză) selectând razele luminoase paralele și astfel are loc proiectarea obiectului pe *macula lutea*. Acomodarea este de fapt o succesiune de reflexe care parcurg următoarea cale: stimulul luminos pornește de la fotoreceptorii din retină, apoi ia calea nervului optic (II). După ce a trecut de chiasma optică, ajunge la corpii geniculați laterali. Prin sinapse laterale ale neuronilor din această formațiune se îndreaptă spre coliculii cvadrigemeni superiori (reamintim că aceștia – împreună cu coliculii cvadrigemeni inferiori – alcătuiesc *tectum*-ul, situat în porțiunea dorsală a mezencefalului). De la neuronii acestor coliculi pornesc axoni către centrii motori vegetativi din trunchiul cerebral ai următorilor nervi cranieni:

- N. oculomotor (III) care trimite impulsuri către mușchii extrinseci ai globului ocular (m. drept superior, m. drept inferior, m. drept intern și m. oblic inferior), către fibrele musculare netede circulare din iris (determinând mioză) și către fibrele musculare netede circulare din corpul ciliar (determinând relaxarea și bombarea cristalinului);
- N. trohlear (IV) care comandă contracția mușchiului oblic superior al globului ocular;
- N. abducens (VI) care comandă contracția mușchiului drept lateral al globului ocular.

De la acești centri, pe calea nervilor cranieni menționați, pornesc impulsurile care realizează procesul de acomodare (la distanță apropiată).

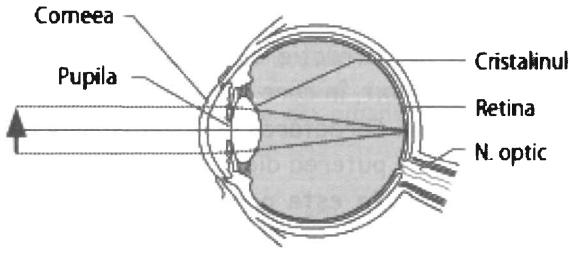
În practica neurologică, se caută ***reflexul de acomodare-convergenţă*** (aceasta este denumirea completă), punând pacientul să privească un reper la mare distanţă apoi să-şi mute rapid privirea spre un obiect din imediata apropiere, situat pe aceeaşi direcţie. Se observă cu uşurinţă producerea miozei de apropiere.

Adaptarea ochiului la intensitatea luminii se realizează tot pe cale reflexă, stimulul luminos parcurgând etapele următoare: celulele fotoreceptoare retiniene → celulele bipolare retiniene → celulele multipolare retiniene din stratul ganglionar al retinei → nervul optic (II) → corpii geniculaţi laterali cu sinapse laterale → colicului cvadrigemeni superiori → nucleul vegetativ accesor al nervului oculomotor (III) din mezencefal → nervul oculomotor (III) → ganglionul ciliar (situat îndărătul globului ocular) → fibre parasimpatice care ajung la muşchii netezi circulari ai irisului, provocând – la o intensitate luminoasă mai mare – micşorarea pupilei (mioza). În cazul scăderii intensităţii luminoase, intervine sistemul simpatic, fibrele lui folosind aceeaşi cale şi trecând tot prin ganglionul ciliar. Ajungând la iris, impulsul nervos simpatic determină contracţia fibrelor musculare netede radiare, provocând dilatarea pupilei (midriaza). În practica neurologică, ***reflexul fotomotor*** (este denumirea completă) se caută astupând ochiul pacientului câteva secunde; apoi, eliberându-l brusc, se observă (dacă este normal) constricţia pupilei (mioza) la contactul cu lumina.

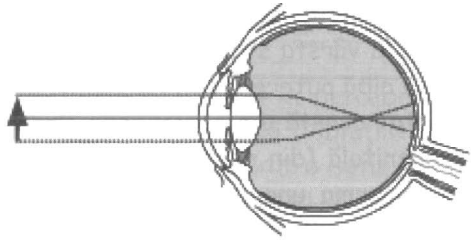
§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA OCHIULUI *[Applications to the pathology of the eye]*

Viciile de refracţie ale globului ocular cuprind:

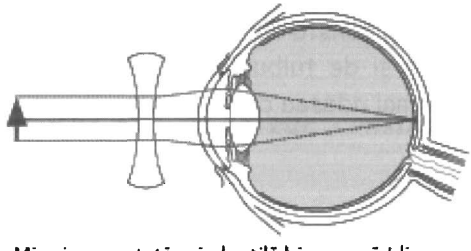
- **Miopia:** viciul de refracţie în care imaginea unui obiect se proiectează în faţa retinei, fie pentru că globul ocular are axul antero-posterior prea lung, fie pentru că raza de curbură a corneei este prea mică. Corectarea miopiei se face printr-o lentilă divergentă (de tip biconcav), care focalizează razele luminoase mai în spate, exact pe retină (fig. 5.9).
- **Hipermetropia:** viciul de refracţie în care imaginea unui obiect se proiectează îndărătul retinei, fie pentru că globul ocular are axul antero-posterior prea scurt, fie pentru că raza de curbură a corneei este prea mare. Corectarea hipermetropiei se face printr-o lentilă convergentă (de tip biconvex) care focalizează razele luminoase mai în faţă, adică pe retină (fig. 5.10).



Vedere normală: imaginea proiectată pe retină



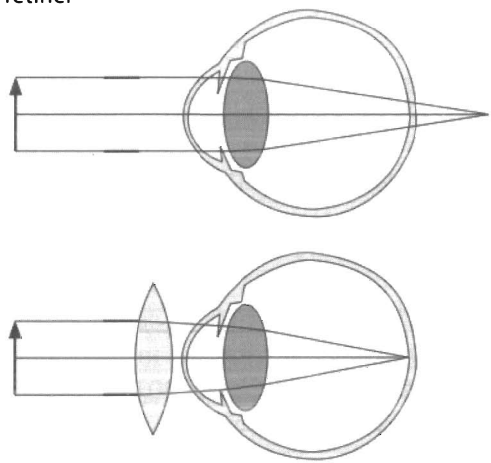
Miopie: imaginea proiectată în fața retinei



Miopie corectată prin lentilă biconcavă (divergentă)

Fig. 5.9 – În miopie, imaginea obiectelor se formează în fața retinei, cel mai frecvent datorită axului anteroposterior mai lung al globului ocular. Corectarea se realizează prin lentile biconcave (cu acțiune divergentă asupra razelor luminoase).

Hipermetropie: imaginea proiectată îndărătul retinei



Hipermetropie corectată prin lentilă biconvexă (convergentă)

Fig. 5.10 – În hipermetropie imaginea obiectelor se formează în spatele retinei, cel mai frecvent datorită axului anteroposterior mai scurt al globului ocular. Corectarea se realizează prin lentile biconvexe (cu acțiune convergentă asupra razelor luminoase).

- **Astigmatismul**: viciul de refracţie în care corneea are raze de curbură şi unghiuri de refracţie diferite pe fiecare ax. Este posibil să apară chiar astigmatism mixt, în care la cornee coexistă axe de tip miopic cu axe de tip hipermetropic. Corectarea astigmatismului se face cu lentile de tip cilindric care ajustează puterea dioptrică pe fiecare ax al corneei.

- **Presbiopia** este o scădere a acuităţii vizuale de aproape, datorită scăderii capacităţii de acomodare (de bombare) a cristalinului după vârsta de 40-45 de ani şi care se accentuează odată cu vârsta până la 65 de ani, când se stabilizează. Necesită corectare cu lentile convergente. Acestea, la anumite intervale până la vârsta stabilizării, trebuie şi ele mereu schimbate cu alte lentile care să aibă putere dioptrică tot mai mare.

Cataracta: constă din opacifierea cristalinului sau a capsulei acestuia. Poate fi congenitală (din naştere), senilă, complicaţie a diabetului zaharat, traumatică (în urma unei lovituri suferită de globul ocular) etc. Produce tulburări grave de vedere, ajungând până la cecitate. Se tratează chirurgical, prin extirparea cristalinului bolnav, eventual înlocuirea lui cu o lentilă.

Glaucomul: constă din creşterea tensiunii intraoculare însoţită de dureri locale intense şi de tulburări de vedere grave. Poate duce la cecitate. Se tratează cel mai adesea chirurgical.

5.3. ANALIZATORUL AUDITIV ŞI STRUCTURA URECHII
[The organ of hearing and the ear structure]

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Ganglion (în sistemul nervos)* = grupare de neuroni participând la transmiterea impulsului nervos în aceeaşi direcţie.
- *Hertz (Hz)* = unitatea de măsură a frecvenţei pentru o mişcare periodică (vibratorie), egală cu un ciclu pe secundă.
- *Sunetul* = vibraţie acustică cu frecvenţa între 16-20.000 hertzi, capabilă să producă o senzaţie auditivă.
- *Ultrasunet* = vibraţie mecanică identică vibraţiilor sonore, dar cu o frecvenţă de peste 20.000 Hz, depăşind astfel pragul de percepţie al urechii umane.

TABELUL 5.4

Structura generală a analizatorului acustic

Segmentul periferic: celulele receptoare auditive din organul Corti (în urechea internă).

↓

Segmentul intermediar: calea auditivă (incluzând nervul acustic, component al nervului acustico-vestibular [vestibulo-cohlear, VIII]).

↓

Segmentul central: aria auditivă primară situată în girusul temporal superior.

Analizatorul auditiv (acustic) este specializat în perceperea sunetelor cu frecvența cuprinsă între 20-20.000 cicli/secundă. Vibrațiile sonore sunt captate din mediul ambiant şi apoi transmise printr-o serie de formațiuni care le conduc până la receptorii specializați, situați în urechea internă. Aceste formațiuni sunt descrise mai jos, în ordinea în care sunt parcurse de stimulul sonor.

5.3.1. COMPONENTELE URECHII *[The ear constituents]*

• **Urechea externă** ***[The outer ear]*** include:

– **Pavilionul,** care poate fi comparat cu o pâlnie, dar având o alcătuire mai complexă prin cutele şi şanțurile de la suprafața sa. Datorită modului cum este format, el captează sunetele şi le orientează spre formațiunea următoare:

– **Conductul auditiv extern,** un canal cilindric lung de cca 3 cm pe care undele sonore îl parcurg pentru a ajunge mai departe la timpan.

– **Timpanul** este o membrană cu structură fibroasă, având grosimea de cca 100 μm. El acționează ca un rezonator, prin vibrațiile declanşate sub acțiunea undelor sonore. Timpanul separă urechea externă de urechea medie.

• **Urechea medie** ***[The middle ear]*** este formată dintr-o cavitate aflată în grosimea stâncii temporalului. Vibrațiile sonore, acționând asupra timpanului, pun în mişcare un lanț de oscioare aflat în această cavitate şi care în partea externă (lateral) se sprijină pe timpan, iar în partea internă (medial) intră în contact cu membrana care acoperă fereastra ovală, membrană situată la limita dintre urechea medie şi urechea internă. Oscioarele care formează acest lanț, în număr de trei, au fost denumite după forma lor: ciocanul (care se inseră pe fața internă a timpanului); nicovala (oscior intermediar) şi scărița (a cărei talpă se sprijină pe membrana ferestrei ovale). Oscioarele sunt prevăzute cu mici muşchi, iar articulațiile dintre ele au o mobilitate

care permite adaptarea la intensitatea sunetelor. Astfel, mușchiul ciocanului diminuează amplitudinea vibrațiilor sonore prea puternice, iar mușchiul scăriței amplifică sunetele prea slabe. Aceste formațiuni au deci un rol activ în filtrare și oarecare modificări ale vibrațiilor sonore din exterior și nu sunt simple structuri pasive. De notat că suprafața timpanului fiind de 13 ori mai mare decât cea a membranei ferestrei ovale, contribuie și el în acest fel la amplificarea sunetelor percepute. Trebuie precizat că, în rest, urechea medie este plină cu aer la presiunea atmosferică, datorită *trompei Eustachio*, un canal care face legătura între faringele superior (nazofaringele) cu urechea medie. Prezența trompei Eustachio asigură astfel o presiune egală pe ambele fețe ale timpanului, protejându-l de o eventuală fisurare.

Deci transmiterea vibrațiilor sonore se face de la timpan prin lanțul de oscioare descris până la membrana ferestrei ovale. Dar ele se mai transmit și prin aerul din urechea medie datorită modificărilor de presiune pe care acesta le suferă sub acțiunea vibrațiilor timpanului.

În afară de fereastra ovală (pe care este proptită talpa scăriței), între urechea medie și urechea internă există și fereastra rotundă, acoperită de o membrană și având un rol secundar în transmiterea sunetelor.

- **Urechea internă *[The inner ear]***, cu o structură mai complexă, se află în profunzimea stâncii temporalului, într-o serie de cavități care co-

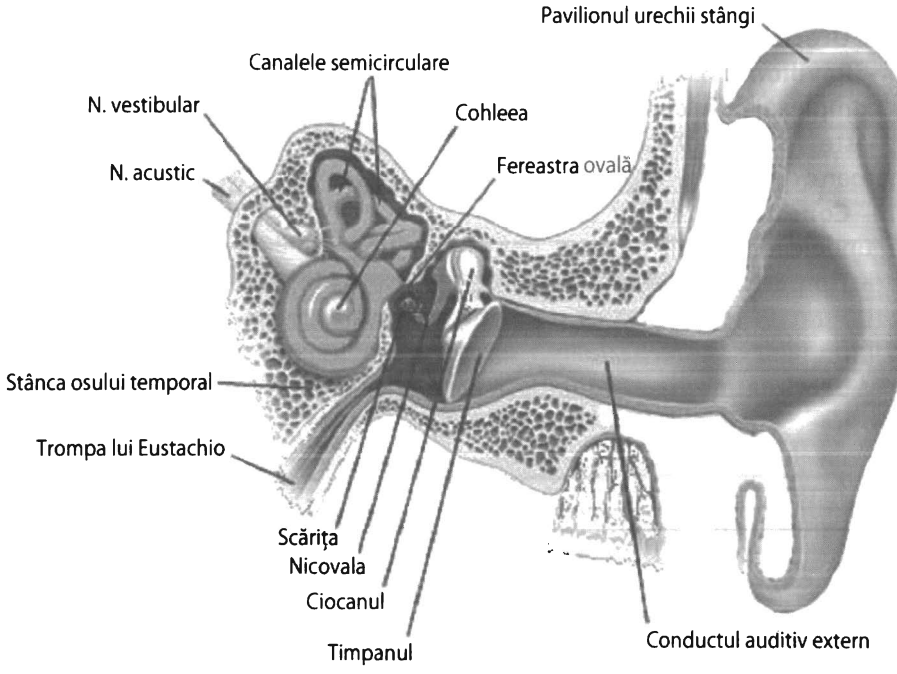


Fig. 5.11 – Urechea: părțile componente.

munică între ele şi care alcătuiesc labirintul osos. Acesta constă din vestibulul osos, canalele semicirculare osoase şi cohleea osoasă. În labirintul osos este adăpostit labirintul membranos, incluzând formaţiunile funcţionale descrise mai jos (fig. 5.11; fig. 5.12)

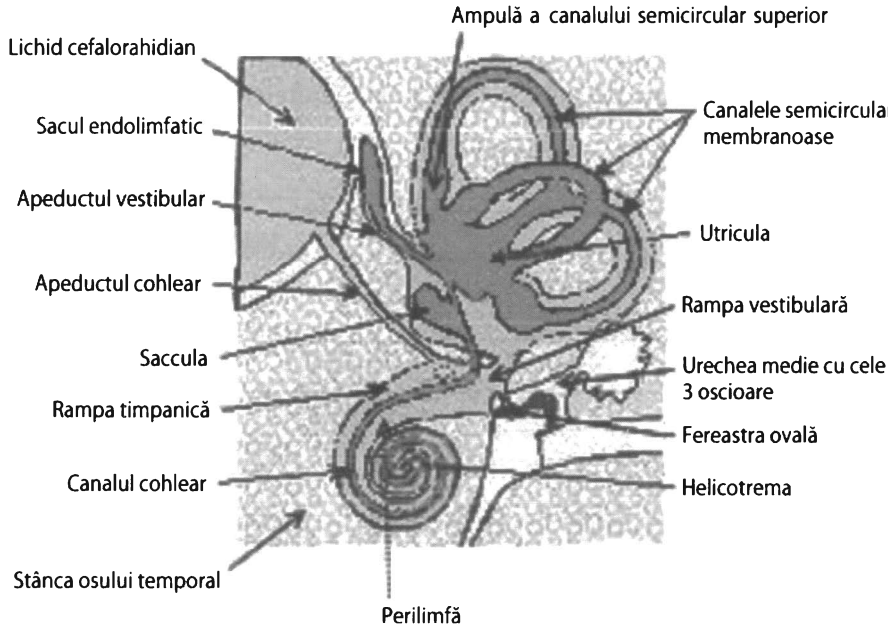


Fig. 5.12 – Labirintul osos şi labirintul membranos.

– **Vestibulul membranos** este alcătuit din două vezicule care comunică între ele: cea situată superior este utricula; este mai voluminoasă şi comunică cu cele trei canale semicirculare; cea inferioară este sacula, de volum mai mic şi comunicând cu canalul cohlear. Ambele vezicule conţin receptori ai analizatorului vestibular, fiind umplute cu un lichid, endolimfa.

– **Canalele semicirculare**, în număr de trei, sunt orientate în direcţii diferite, ele prezentând – în apropiere de implantarea în utriculă – câte o dilatare numită ampulă, unde se află receptori ai analizatorului vestibular. În interiorul canalelor semicirculare există tot endolimfă.

– **Cohleea membranoasă (canalul cohlear, melcul membranos)** este conţinută în cohleea osoasă şi are forma unei spirale răsucită de două ori în jurul unui ax central osos, *columela*. Din columelă se desprinde o lamă osoasă fină, lama spirală care, răsucindu-se, urmează tot traiectul melcului până aproape de vârf, unde lasă o mică deschidere, *helicotrema*. Lama spirală osoasă se continuă pe toată întinderea ei cu o membrană elastică, *membrana bazilară*. Aceasta separă lumenul melcului osos în două canale

(rampe): *rampa vestibulară*, situată superior începe de la fereastra ovală şi se întinde până la vârful melcului, unde – prin helicotrema – comunică cu *rampa timpanică*, situată inferior. Ambele rampe sunt umplute cu un lichid asemănător lichidului cefalo-rahidian, numit perilimfă. Pe o secţiune transversală [→ Fig. 5.13], se observă că melcul membranos are o formă triunghiulară, fiind delimitat inferior de lama spirală osoasă plus membrana bazilară (care îl separă de rampa timpanică), superior de membrana Reissner (care îl separă de rampa vestibulară) şi lateral de peretele osos al melcului.

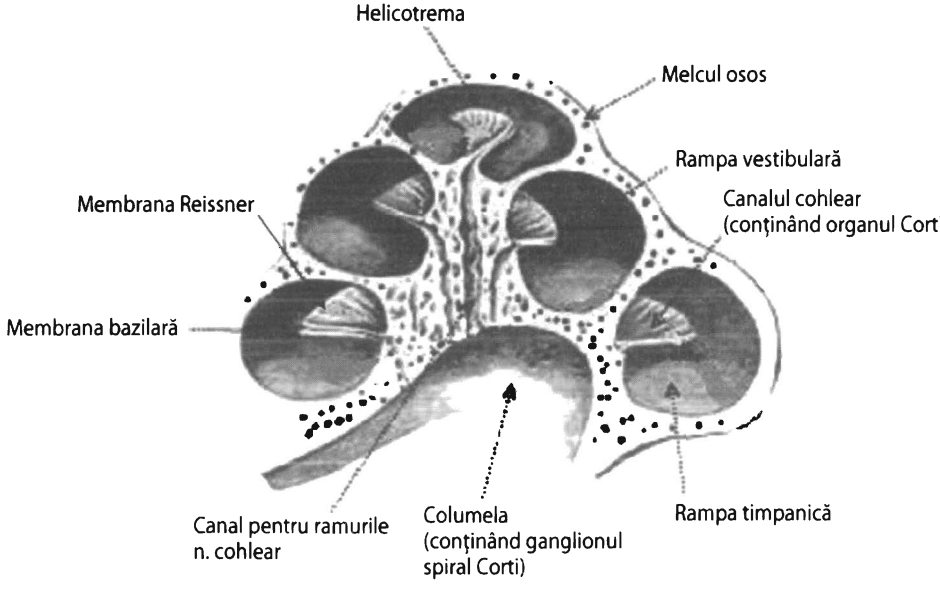


Fig. 5.13 – Cohleea osoasă şi raporturile acesteia cu cohleea membranoasă (secţiune transversală).

În interiorul canalului cohlear se află *organul Corti* care conţine celulele receptoare specializate auditive. Organul Corti se sprijină pe membrana bazilară, are o formă spiralată (la fel ca melcul în interiorul căruia se află) şi se întinde pe toată lungimea melcului. Celulele receptoare sunt dispuse în două straturi de tip epitelial: stratul intern cuprinde un singur şir de celule; stratul extern cuprinde 3-4 şiruri. Toate celulele receptoare specializate sunt de formă alungită şi au cili la polul apical. Aceşti cili străbat o membrană fină – *membrana reticulară*, care provine din secreţia celulelor de susţinere din organul Corti – şi imediat deasupra acesteia, vârfurile cililor se implantează într-o altă membrană subţire şi elastică, *membrana tectoria*.

În jurul celulelor receptoare specializate sunt prezente numeroase terminaţii ale unor fibre nervoase. Acestea nu sunt altceva decât dendritele

neuronilor din ganglionul spiral Corti, situat în grosimea columelei, şi care reprezintă protoneuronul căii auditive. Totalitatea axonilor provenind de la protoneuronii din ganglionul Corti alcătuiesc nervul cohlear, care conduce informaţiile provenite de la vibraţiile sonore [→ Fig. 5.14].

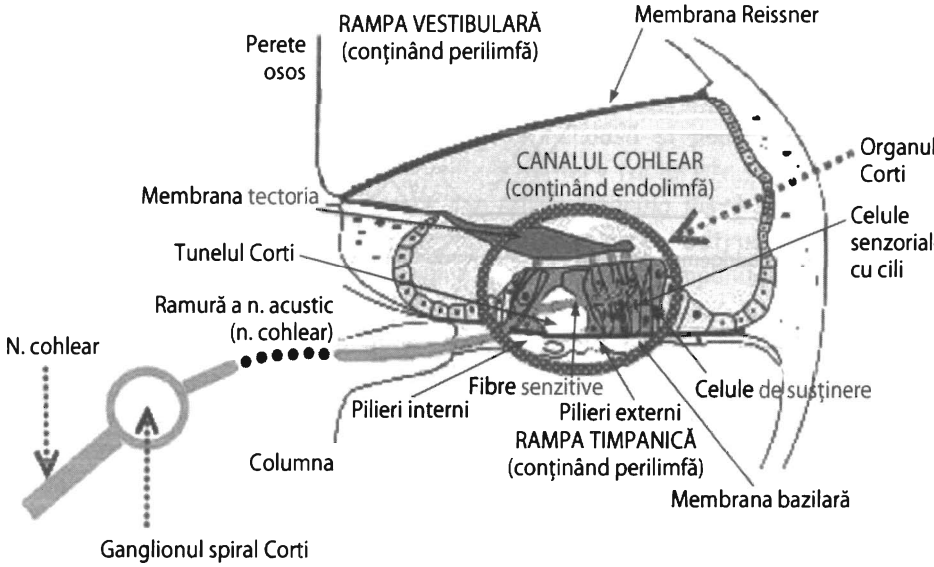


Fig. 5.14 – Cohleea (melcul) în secţiune transversală. Organul Corti este înconjurat cu un cerc haşurat (conţine celule senzoriale cu cili, celule de susţinere, tunelul Corti limitat de pilierii interni şi externi şi terminaţiile nervului cohlear).

5.3.2. FIZIOLOGIA AUZULUI ŞI CALEA AUDITIVĂ *[The hearing physiology and the auditory pathway]*

Sunetele cu frecvenţa cuprinsă între 16-20.000 hertzi sunt captate de pavilionul urechii şi – datorită lobulaţiei şi şanţurilor acestuia – dirijate prin conductul auditiv extern spre timpan, pe care-l pun în stare de vibraţie. De la timpan, prin lanţul de oscioare din urechea medie, vibraţiile sunt transmise la membrana ferestrei ovale (pe care se sprijină talpa scăriţei). Vibraţiile sunt apoi preluate de perilimfa din rampa vestibulară a melcului membranos şi se transmit mai departe la endolimfă. Sunetele înalte ating maximum de amplitudine mai aproape de baza melcului, iar cele joase mai aproape de vârful acestuia. Membrana bazilară va fi deci comprimată în mod diferenţiat la diferite nivele, în funcţie de frecvenţa sunetelor. Comprimarea membranei bazilare este însoţită de cea a membranei tectoria, care acţionează asupra cililor de la celulele epiteliale receptoare, determinând

apariția unui potențial de acțiune asupra terminațiilor nervoase care înconjoară celulele receptoare (fig. 5.14).

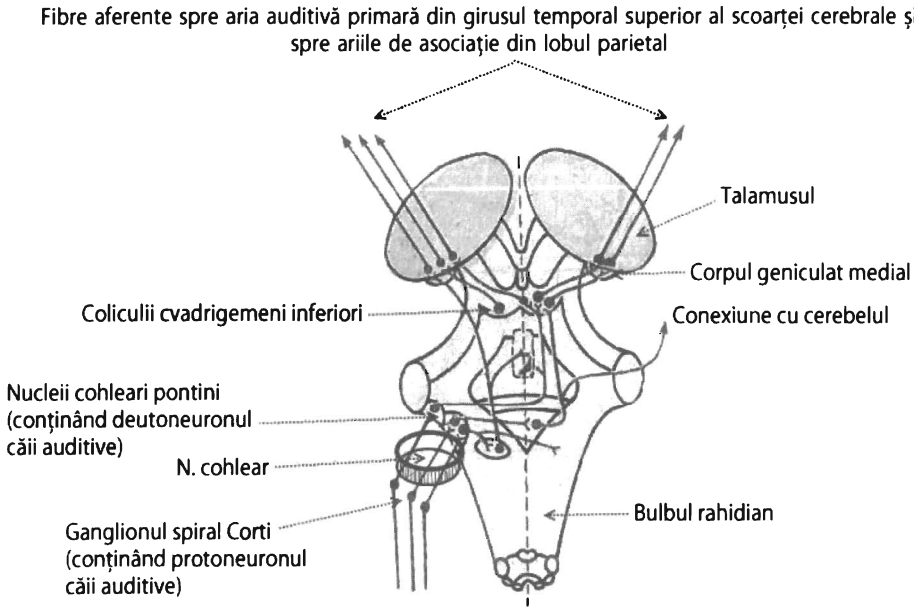


Fig. 5.15 – Calea auditivă.

În continuare, informația acustică este transmisă prin terminațiile nervoase menționate (care sunt de fapt dendrite ale protoneuronului acustic) către ganglionul spiral Corti, unde se află protoneuronul căii auditive. Prin reunirea tuturor axonilor acestor protoneuroni se realizează nervul acustic. Fibrele acestui nerv fac prima sinapsă în colicului cvadrigemeni inferiori din mezencefal, unde se află sediul unor reflexe de orientare auditivă. Axonii deutoneuronilor din colicului cvadrigemeni fac apoi sinapsă în corpul geniculat medial cu al treilea neuron, de unde axonii pleacă spre aria auditivă primară a scoarței cerebrale, arie situată în girusul temporal superior. Pe lângă aceasta, există arii de asociație, majoritatea în lobul parietal unde frecvența unor informații auditive este asociată cu informații sosite din alte arii senzoriale, putând realiza interpretări și diferențieri ale sunetelor recepționate.

Menționăm că nervul acustic se alătură nervului vestibular, formând nervul acustico-vestibular (vestibulo-cohlear, perechea a VIII-a de nervi cranieni) și pătrund împreună în trunchiul cerebral prin șanțul bulbopontin (= originea aparentă) [→ Fig. 4.15 – Trunchiul cerebral, fața ventrală în Cap. 4].

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA URECHII *[Applications to the ear pathology]*

Otita medie supurată *[Suppurative otitis media]* este cel mai adesea datorată propagării unei infecţii bacteriene de la faringe (faringită, rinofaringită, adenoidită) prin trompa Eustachio până la urechea medie. Mai rar apare în urma unei perforaţii a timpanului, germenii infectanţi pătrunzând deci direct din exterior. Este foarte dureroasă şi poate da complicaţii (mastoidită, meningită otogenă, paralizie de nerv facial etc.).

Surditatea de transmisie *[Conducting hearing loss]* survine în urma unor leziuni pe căile de propagare a vibraţiilor sonore: obstruarea conductului auditiv extern (dop masiv de cerumen), perforaţia timpanului, otită medie, otoscleroză (a urechii medii).

Surditatea neurosenzorială *[Sensorineural hearing loss]* este produsă de leziuni în urechea internă (în cohleea membranoasă) sau pe traiectul nervului acustic, ca urmare a unor infecţii, tumori sau fracturi craniene.

Surditatea centrală *[Central hearing loss]* apare când o condiţie patologică interceptează calea auditivă după ce nervul acustico-vestibular a pătruns în trunchiul cerebral: tumori, accident vascular cerebral, encefalită. Este cea mai gravă dintre formele de surditate.

5.4. ANALIZATORUL VESTIBULAR
[The organ of equilibrium; the vestibular system]

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Echilibru* = Funcţie senzorială care rezultă din activităţile normale şi conjugate ale aparatului vestibular, vederii şi sensibilităţii profunde, datorită căreia corpul îşi poate păstra poziţia şi postura în repaus sau în mers, chiar dacă intervin unii factori perturbatori (dar de o intensitate nu prea mare).
- *Postură* = atitudine sau ţinută a corpului.

Analizatorul vestibular are funcţia de a transmite informaţiile privind poziţia şi mişcările corpului, informaţii pe baza cărora se declanşează reflexele necesare menţinerii echilibrului în repaus şi în mişcare. Structura sa generală → Tabelul 5.5.

TABELUL 5.5

Structura generală a analizatorului vestibular

Segmentul periferic: aparatul otolitic din utriculă şi saculă plus cel din crestele ampulare aparţinând canalelor semicirculare.
↓
Segmentul intermediar: nervul vestibular, componentă a n. vestibulo-cohlear (VIII).
↓
Segmentul central: zonă din lobul temporal al scoarţei cerebrale.

5.4.1. COMPONENTELE SISTEMULUI VESTIBULAR *[The vestibular system constituents]*

Receptorii care transmit informaţii privind starea de echilibru a corpului se află în urechea internă, şi anume în melcul membranos, fiind repartizaţi astfel:

– **Utricula** şi **sacula,** cele două vezicule de formă rotundă care comunică între ele, conţin endolimfă şi sunt dotate fiecare cu câte o formaţiune specială, *macula (aparatul otolitic).* Aceasta este alcătuită din celule receptoare specializate – prevăzute la polul apical cu numeroşi cili – şi din celule de susţinere. Cilii străbat o membrană reticulară gelatinoasă care acoperă macula. În ochiurile acestei membrane se găsesc otoliţii (cristale microscopice de carbonat de calciu). În jurul celulelor receptoare se găsesc terminaţii nervoase aferente ale nervului vestibular (ramură a n. vestibulo-cohlear [VIII]).

– Cele trei **canale semicirculare,** implantate în utriculă şi orientate în cele trei planuri ale spaţiului, conţin fiecare, în apropierea locului de implantare, câte o dilatare – **ampula** – în care este localizat organul receptor, *creasta ampulară.* Aceasta este alcătuită din celule receptoare specializate – prevăzute la polul apical cu cili – şi din celule de susţinere. Celulele receptoare sunt incorporate într-o masă gelatinoasă **(cupula)** care este supusă mişcărilor endolimfei. În jurul şi la baza celulelor receptoare specializate se găsesc terminaţii nervoase aferente ale nervului vestibular (ramură a perechii a VIII-a de nervi cranieni). Aceste terminaţii sunt de fapt dendritele neuronilor din ganglionul vestibular Scarpa, unde se află protoneuronul căii vestibulare (fig. 5.16).

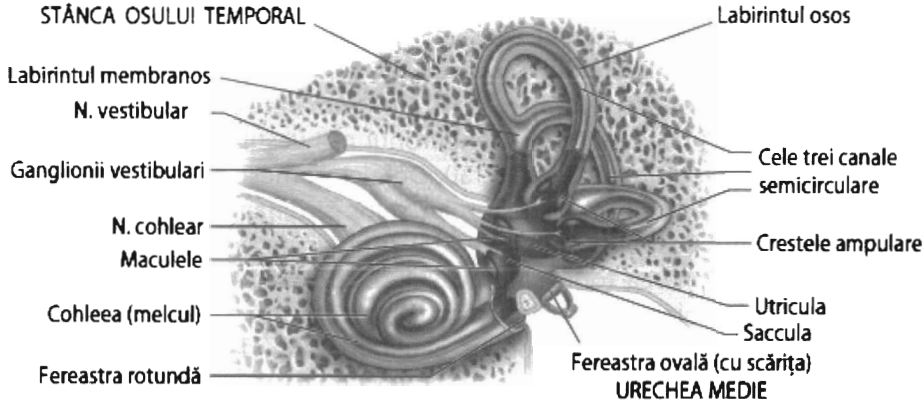


Fig. 5.16 – Componentele analizatorului vestibular în cadrul labirintului membranos.

5.4.2. CALEA VESTIBULARĂ *[The vestibular pathway]* (fig. 5.17)

Începe cu protoneuronul situat în ganglionul Scarpa. Axonii neuronilor din acest ganglion formează nervul vestibular, una din cele două compo-

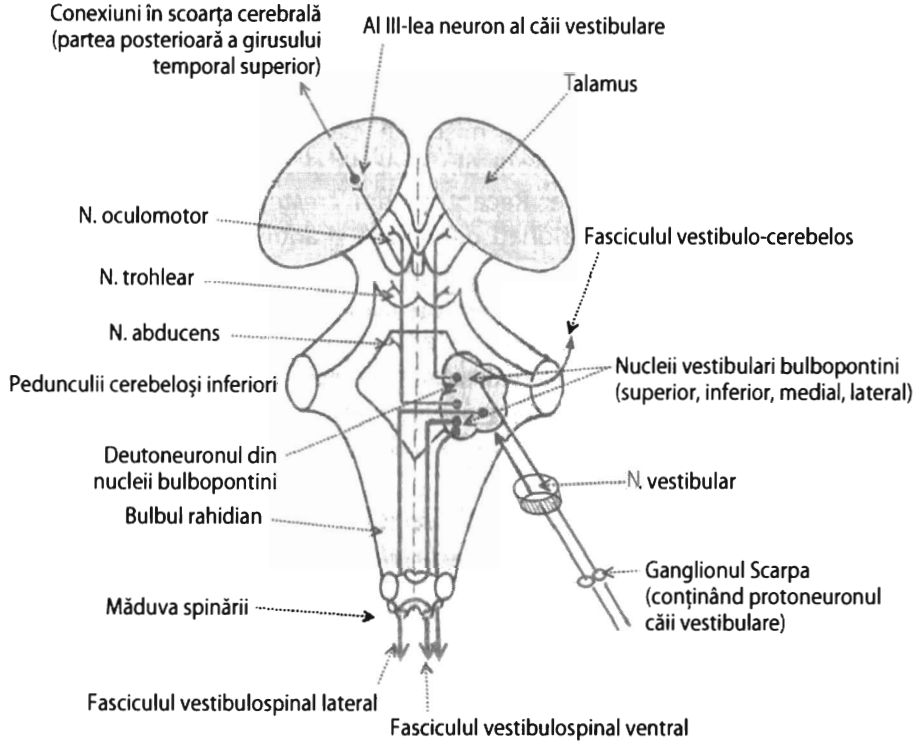


Fig. 5.17 – Calea vestibulară.

nente ale nervului acustico-vestibular (vestibulo-cohlear, perechea a VIII-a), nerv care pătrunde în trunchiul cerebral pe faţa sa anterioară, prin şanţul bulbo-protuberanţial. În continuare, axonii fac sinapsă cu cei patru nuclei vestibulari bulbo-pontini (***Atenţie,*** patru în jumătatea dreaptă, patru în jumătatea stângă) unde se află deutoneuronul căii vestibulare (nucleul vestibular superior, inferior, medial şi lateral). De aici pornesc fibre spre arhicerebel (având rol în coordonarea echilibrului static şi dinamic al corpului), spre măduvă (fasciculul vestibulo-spinal ventral şi fasciculul vestibulo-spinal lateral, cu rol în coordonarea tonusului muscular), spre nucleii motori ai nervilor oculomotor (III), trohlear (IV) şi abducens (VI) toţi aceştia comandând musculatura extrinsecă (şi striată) a globilor oculari. O altă parte din fibre se îndreaptă spre talamus, unde fac sinapsa cu al treilea neuron al căii vestibulare. De aici, axonii neuronilor se îndreaptă spre scoarţa cerebrală, zona de proiecţie fiind localizată în lobul temporal, unde are loc conştientizarea poziţiei corpului, a mişcărilor pe care le efectuează precum şi orientarea în spaţiu.

5.4.3. FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI VESTIBULAR *[The vestibular physiology]*

Receptorii specializaţi ai analizatorului vestibular sunt stimulaţi datorită deplasării otoliţilor din endolimfă, ceea ce are efect asupra cililor celulelor receptoare. Au rol în primul rând mişcările capului, iar în al doilea rând mişcările întregului corp. Receptorii din utriculă şi saculă sunt impresionaţi de variaţiile acceleraţiei liniare. Receptorii din crestele ampulare ale canalelor semicirculare sunt impresionaţi diferenţiat şi anume: canalele orizontale dau informaţii asupra mişcărilor de rotaţie în jurul axului vertical al capului, iar canalele verticale dau informaţii asupra mişcărilor în jurul axelor orizontale. La nivelul scoarţei cerebrale, adunându-se toate datele culese de cele trei canale semicirculare, se realizează o integrare prin care se pot interpreta caracteristicile unei posturi sau ale unei mişcări.

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA SISTEMULUI VESTIBULAR *[Application to the vestibular pathology]*

Labirintita *[Labyrinthitis]* (inflamaţia urechii interne) poate afecta intens componentele aparatului vestibular din cohlee, realizând sindromul vestibular (de cauză periferică). Acesta se manifestă prin ameţeli, greţuri, vărsături, tulburări de echilibru şi nistagmus [= succesiune de mişcări involuntare, oscilatorii, ritmice, rapide şi sacadate ale globilor oculari (secuse

rapide alternând cu secuse lente)]. Mişcările descrise se explică prin conexiunile căii vestibulare cu nucleii motori ai nervilor care comandă muşchii extrinseci ai globului ocular (perechile de nervi cranieni III, IV şi VI)].

5.5. ANALIZATORUL KINESTEZIC
[The organ of kinesthesia]

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Ataxie* = tulburare motorie neparalitică ce constă în coordonarea defectuoasă a mişcărilor în mers, la desfăşurarea unor activităţi sau chiar în repaus pentru păstrarea unei anumite posturi.
- *Feed-back (în biologie)* = mecanism automat de reglare şi menţinere în limite normale a compoziţiei şi activităţii structurilor organismului, prin acţiuni care se opun abaterilor de la situaţia de normalitate (conexiune inversă).
- *Kinestezie* = simţul prin care sunt percepute poziţia, greutatea, starea şi mişcările diferitelor segmente ale corpului. Corespunde sensibilităţii proprioceptive.

TABELUL 5.6

Structura generală a analizatorului kinestezic (analizatorul motor)

Segmentul periferic: proprioreceptorii din tendoane şi articulaţii, precum şi fusurile neuromusculare din muşchii striaţi.

↓

Segmentul intermediar: rădăcina posterioară a nervului spinal cu protoneuronul senzitiv din ganglionul spinal;
apoi calea sensibilităţii proprioceptive conştiente (prin fasciculele spino-bulbare Goll [gracilis] şi Burdach [cuneatus]) şi calea sensibilităţii proprioceptive inconştiente (prin fasciculul spinocerebelos direct [Flechsig] şi fasciculul spinocerebelos încrucişat [Gowers]).

↓

Segmentul central: pentru sensibilitatea proprioceptivă conştientă → zona senzitivo-motorie (în lobul frontal) a scoarţei cerebrale. Pentru sensibilitatea proprioceptivă inconştientă → paleocerebelul.

5.5.1. COMPONENTELE ANALIZATORULUI KINESTEZIC *[Segments of the kinesthesia organ]*

Analizatorul kinestezic (analizatorul motor) informează asupra poziţiei, stării şi activităţii musculaturii striate, a tendoanelor şi a articulaţiilor (de)servind deci sensibilitatea proprioceptivă. Receptorii pentru acest tip de informaţii se numesc proprioreceptori şi se găsesc în muşchii striaţi, în tendoane, ligamente şi suprafeţe articulare, fiind reprezentaţi de următoarele formaţiuni:

- **Corpusculi Vater-Pacini** (descrierea → 5.1.4. Receptorii cutanaţi);
- **Corpusculi Ruffini** (descrierea → 5.1.4. Receptorii cutanaţi);
- **Organele tendinoase Golgi** sunt situate printre fibrele tendoanelor şi se prezintă ca o reţea de terminaţii nervoase prevăzute cu butoane. Ele semnalează tensiunea de la extremităţile tendoanelor în cursul contracţiei musculare;
- **Fusul neuromuscular** este o formaţiune alungită, fusiformă, situată printre fibrele musculare striate în poziţie paralelă cu acestea. Un fus neuromuscular este format din 2-10 fibre musculare modificate, adăpostite într-o capsulă conjunctivă. Fibrele musculare striate nemodificate (cele care realizează contracţia musculară izotonă sau izometrică) poartă numele de fibre extrafusale. Fibrele modificate din fusul neuromuscular au primit numele de fibre intrafusale, şi ele cuprind o porţiune centrală necontractilă bogată

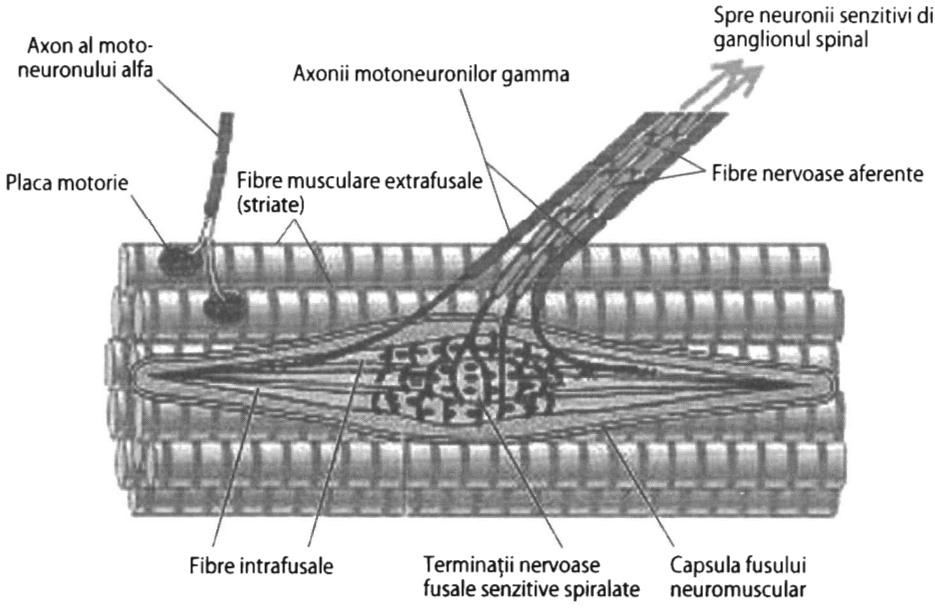


Fig. 5.18 – Fusul neuromuscular.

în nuclei şi extremităţi alungite, contractile care se inseră pe tendoane sau pe fibre extrafusale. Striaţiile lor transversale sunt mai slab conturate faţă de fibrele musculare striate (extrafusale).

Fibrele senzitive aferente din fusul neuromuscular sunt de fapt dendrite ale neuronului senzitiv din ganglionul spinal (situat pe rădăcina posterioară a nervului spinal). Aceste fibre sunt de două feluri:

– terminaţii primare spiralate situate în zona centrală a fusului şi înzestrate cu viteză de conducere foarte mare;

– terminaţii secundare, situate deasupra şi dedesubtul terminaţiilor primare şi care au viteză de conducere mai mică.

În plus, fiecare fus neuromuscular are şi o inervaţie motorie proprie (diferită de cea a fibrelor musculare striate extrafusale) care se termină într-o placă motorie aflată în zona periferică contractilă a fusului. Aceste fibre motorii îşi au originea în motoneuronii medulari γ (gamma) şi sunt denumite fibre motorii gamma-eferente (fig. 5.18).

5.5.2. FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI KINESTEZIC *[Physiology of the kinesthesia organ]*

Deoarece fusurile neuromusculare sunt paralele cu fibrele musculare striate extrafusale, ele se alungesc atunci când muşchiul se întinde şi terminaţiile nervoase senzitive primare generează impulsuri a căror frecvenţă este proporţională cu gradul de întindere a muşchiului. Terminaţiile primare spiralate sunt impresionate atât de modificarea lungimii muşchiului, cât şi de rata alungirii. Terminaţiile secundare sunt impresionate doar de modificarea lungimii muşchiului. Impulsurile nervoase generate se propagă rapid până la neuronii motori medulari tip α (alfa) şi declanşează contracţia reflexă a fibrelor musculare striate extrafusale. Deci fusul neuromuscular şi conexiunile sale reflexe acţionează printr-un mecanism de feed-back care readuce permanent lungimea muşchiului la dimensiunile sale normale.

Deşi stimularea fibrelor motorii (eferente) tip γ nu are posibilitatea să declanşeze contracţia unui muşchi (fibrele intrafusale nu au puterea necesară de a executa o contracţie), ea produce totuşi scurtarea capetelor contractile ale fusului neuromuscular. Se produce astfel excitarea terminaţiilor primare spiralate şi generarea de impulsuri care ajung la motoneuroniii medulari tip α, declanşând contracţia reflexă a muşchiului. Prin urmare, motoneuronii tip gamma (care acţionează asupra fusului neuromuscular) pot declanşa contracţia musculară doar în mod indirect, prin reflexul de întindere, pe câtă vreme motoneuronii tip α declanşează contracţia direct,

prin impulsurile nervoase trimise fibrelor striate extrafusale ale muşchiului. În timpul contracţiei musculare, fusurile neuromusculare se scurtează şi ele odată cu muşchiul, ceea ce le face să continue emiterea de impulsuri, ajustând astfel în mod reflex activitatea motoneuronilor cu fibre γ.

Căile sensibilităţii proprioceptive. Informaţiile culese de către proprioreceptori (fusurile neuromusculare, corpusculii din tendoane, ligamente şi suprafeţe articulare) sunt transmise prin terminaţiile nervoase (dendrite) către ganglionul spinal de pe rădăcina posterioară (senzitivă) a nervului spinal corespunzător (aici se află protoneruronul căii), ajungând apoi în măduva spinării, unde adoptă următoarele traiecte:

• Pentru *sensibilitatea proprioceptivă conştientă:* fasciculele spinobulbare Goll *(fasciculus gracilis)* şi Burdach *(fasciculus cuneatus)*, situate în cordonul medular posterior. Deutoneuronul căii se află în bulbul rahidian. Al treilea neuron are sediul în talamus şi de aici fibrele ajung în scoarţa cerebrală, în aria (de asociaţie) senzitivo-motorie din lobul frontal.

• Pentru *sensibilitatea proprioceptivă inconştientă*:

– fasciculul spino-cerebelos direct (Flechsig), situat în cordonul medular lateral, este cel care conduce impulsurile primite de la organele locomotorii din jumătatea inferioară a corpului. Acest fascicul urcă prin pedunculul cerebelos inferior (fără a face sinapse pe traiect) până la scoarţa emisferei cerebeloase şi la nucleii interpuşi de aceeaşi parte;

– fasciculul spino-cerebelos încrucişat (Gowers), situat tot în cordonul medular lateral (dar mai anterior faţă de fasciculul Flechsig), conduce impulsurile primite de la organele locomotorii din jumătatea superioară a corpului. Fasciculul se încrucişează metameric la nivelul măduvei şi urcă (fără a face sinapse pe traiect) prin pedunculul cerebelos superior până la scoarţa emisferei cerebeloase şi la nucleii interpuşi (toate aceste formaţiuni fiind de partea opusă, deoarece fasciculul este deja încrucişat).

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA ANALIZATORULUI KINESTEZIC *[Application to the pathology of the vestibular system]*

Ataxia senzorială este un simptom neurologic constând din tulburarea coordonării mişcărilor voluntare datorită afectării căilor sensibilităţii proprioceptive. Apar – în plus – şi pierderi de echilibru. Cauzele care pot determina această stare: o neuropatie periferică sau leziuni ale măduvei spinării care afectează unul sau mai multe dintre fasciculele sensibilităţii proprioceptive. Ataxia senzorială trebuie diferenţiată de ataxia cerebeloasă, unde – după cum indică şi denumirea – cerebelul este sediul unor leziuni.

5.6. ANALIZATORUL OLFACTIV
[The organ of smell]

DEFINIȚII ȘI EXPLICAȚII

- *Girul hipocampului* = o circumvoluțiune situată pe fața medială a emisferelor cerebrale, în lobul temporal și delimitând hipocampul.
- *Hipocamp* = zonă de substanță cenușie, localizată pe fața medială a lobului temporal, ținând de planșeul ventriculului cerebral lateral de aceeași parte. Are legătură cu simțul olfactiv.

Analizatorul olfactiv este specializat în perceperea mirosurilor din mediul înconjurător, fiind deci un simț chimic, ai cărui receptori sunt impresionați de substanțele care degajează particule mirositoare și cu care vin în contact.

TABELUL 5.7

Structura generală a analizatorului olfactiv

Segmentul periferic: chemoreceptorii olfactivi din mucoasa nazală (zona cornetului nazal superior și a lamei ciuruite a etmoidului).

↓

Segmentul intermediar: nervul olfactiv (I) cu bulbul olfactiv și tractul olfactiv.

↓

Segmentul central: aria olfactivă din scoarța cerebrală, în girul hipocampului.

Receptorii olfactivi specializați sunt chemoreceptori localizați într-o anumită zonă a mucoasei olfactive, cu o suprafață de 2-3 cm^2, și anume în regiunea cornetului nazal superior și a lamei ciuruite a osului etmoid. În structura mucoasei olfactive intră celulele olfactive alături de care există celule de susținere de tip epitelial. Celulele olfactive sunt de fapt neuroni bipolari, fusiformi și care reprezintă însuși protoneuronul căii olfactive. Dendritele lor sunt scurte și se termină cu câte o dilatare, butonul olfactiv, prevăzut cu cili olfactivi. Axonii – care pornesc de la polul bazal al celulelor receptoare – reprezintă filete ale nervului olfactiv (perechea I de nervi cranieni). Axonii traversează lama ciuruită a osului etmoid și fac imediat sinapsă cu deutoneuronul căii olfactive, care este situat în *bulbul olfactiv,* o formațiune în formă de cap de măciucă, așezat pe fața inferioară a emisferei cerebrale corespunzătoare. (***Atenție***, sunt doi bulbi olfactivi: unul drept,

unul stâng.) Axonii deutoneuronilor din bulbul olfactiv se înmănunchează în *tracturile olfactive* (unul drept, unul stâng), îndreptându-se în final spre aria olfactivă din scoarța cerebrală, situată în girul hipocampului, pe fața medială a lobului temporal.

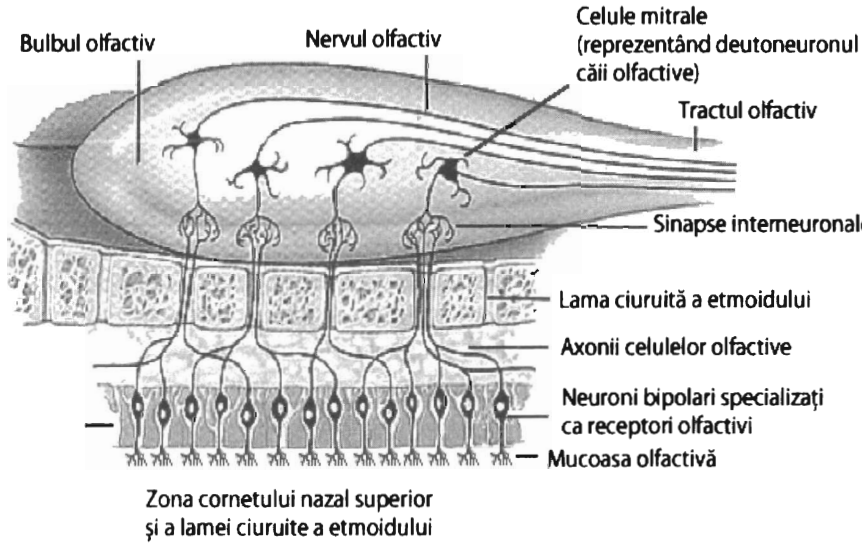


Fig. 5.19 – Receptorii olfactivi și porțiunea inițială a căii olfactive.

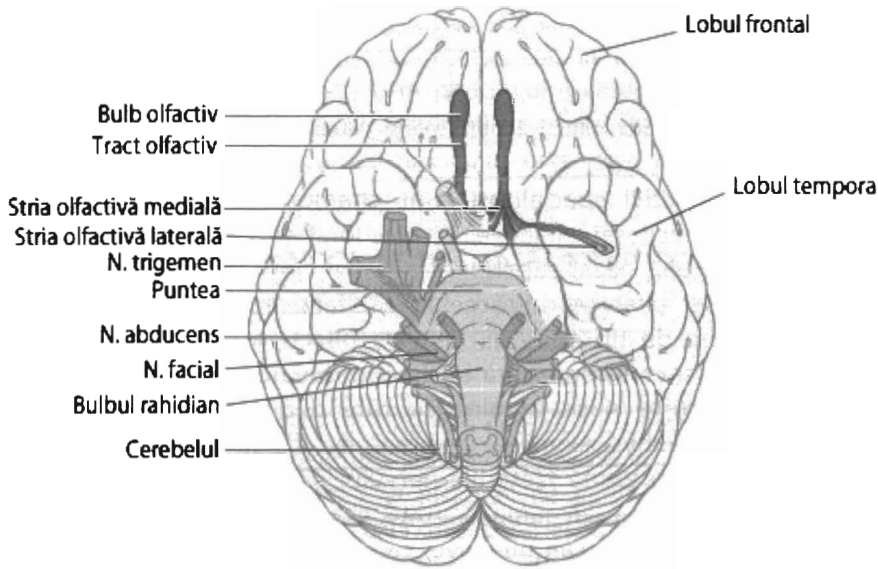


Fig. 5.20 – Bulbii olfactivi și tracturile olfactive (vedere pe fața inferioară a emisferelor cerebrale).

Calea olfactivă parcurge deci formaţiunile anatomice în ordinea descrisă mai sus [→ Fig. 5.19 şi 5.20].

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA ANALIZATORULUI OLFACTIV *[Application to the smell organ]*

Anosmia, pierderea simţului mirosului *[Loss of sense of smell]* poate fi parţială sau completă şi este un simptom întâlnit numai în anumite fracturi ale oaselor craniene (cele care implică şi osul etmoid) sau în procese patologice ale acestei regiuni (tumori).

5.7. ANALIZATORUL GUSTATIV *[The organ of taste]*

TABELUL 5.8

Structura generală a analizatorului gustativ

Segmentul periferic: mugurii gustativi de pe limbă, mucoasa palatină, faringiană şi epiglotică.
↓
Segmentul intermediar: ramuri senzitive ale nervilor facial (VII), glosofaringian (IX) şi vag (X).
↓
Segmentul central: aria sensibilităţii gustative din scoarţa cerebrală („piciorul" girusului postcentral din lobul parietal).

Simţul gustului este un simţ chimic, în care stimulul specific este reprezentat de compoziţia şi calitatea alimentelor. Chemoreceptorii specializaţi sunt mugurii gustativi, aflaţi în majoritatea lor pe suprafaţa limbii şi care au în structura lor celule receptoare specializate, de formă alungită prevăzute la polul superior cu cili. Aceşti cili ies printr-un orificiu (porul gustativ) la suprafaţa mucoasei, unde sunt impresionaţi de compoziţia şi gustul alimentelor, dizolvate în salivă sau în apă. Celulele specializate sunt înconjurate de terminaţiile nemielinizate ale nervilor sensibilităţii gustative. Alături de celulele specializate se găsesc şi celule de susţinere de tip epitelial (fig. 5.21).

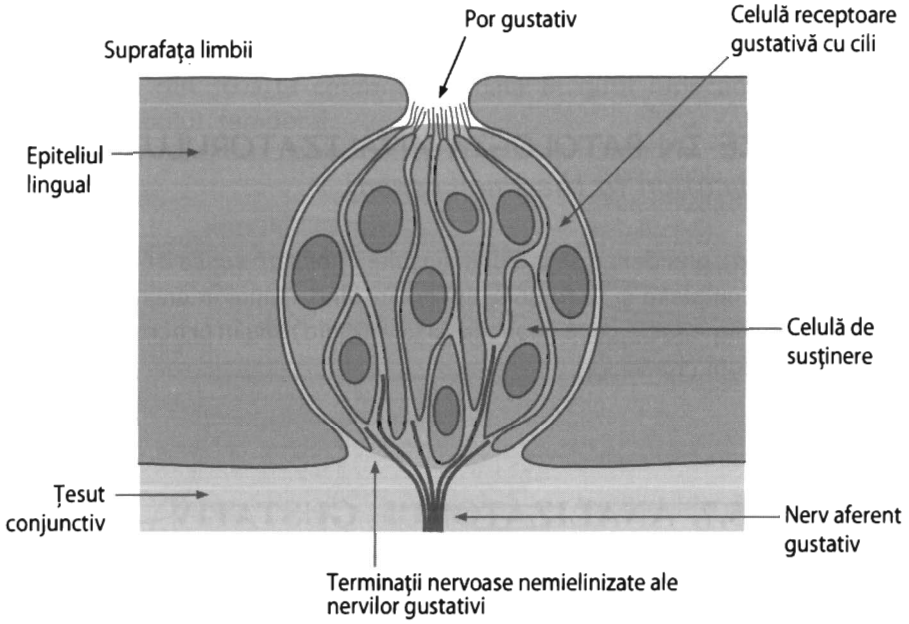


Fig. 5.21 – Aspectul microscopic al unui mugure gustativ.

La suprafaţa limbii, mugurii gustativi sunt repartizaţi în papile gustative în felul următor:

– în apropiere de vârful limbii se găsesc numeroase papile fungiforme (în formă de ciupercă);

– mult mai posterior, spre baza limbii, se pot observa cu ochiul liber cele 6-12 papile circumvalate (înconjurate de un şanţ) dispuse în forma unui V, cu vârful îndreptat spre faringe;

– trebuie menţionată în plus existenţa unor muguri gustativi (în număr redus şi rari) pe mucoasa labială (= a buzelor), palatină, amigdaliană, faringiană şi epiglotică.

Repartizarea diferitelor gusturi pe suprafaţa limbii este următoarea: gustul dulce la vârful limbii; cel sărat pe faţa dorsală a limbii către partea anterioară; cel acru pe marginile limbii; cel amar pe faţa dorsală a limbii către partea posterioară. Mucoasa faringiană şi cea a epiglotei percep toate aceste gusturi. Mucoasa palatină percepe gustul amar şi cel acru. Trebuie menţionat că NU există deosebiri morfologice între diferiţii muguri gustativi în funcţie de gustul la care sunt stimulaţi (fig. 5.22).

Calea sensibilităţii gustative

Nervii senzitivi care transmit excitaţiile gustative de la mugurii gustativi sunt:

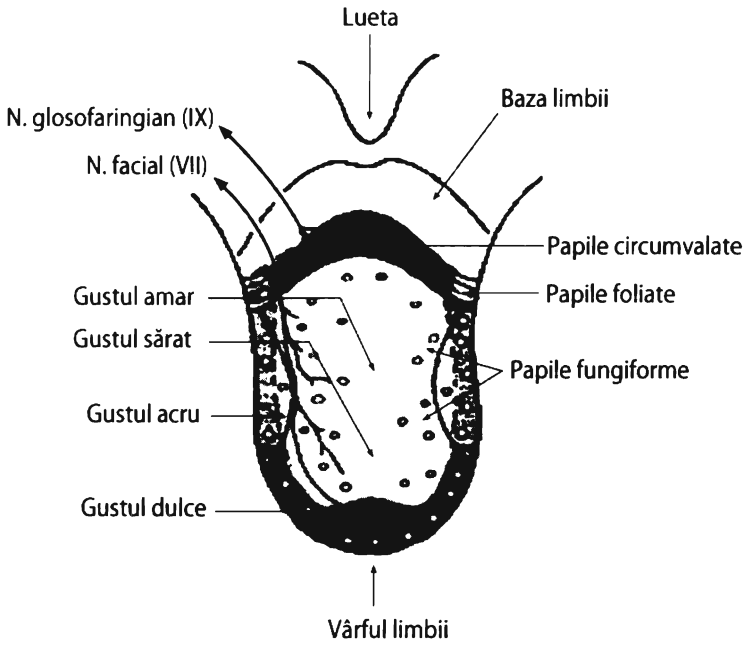


Fig. 5.22 – „Harta limbii" prezentând localizarea papilelor gustative şi distribuţia topografică a receptorilor specializaţi pe diferitele senzaţii gustative.

– pentru cele 2/3 anterioare ale limbii: nervul intermediar (Wrisberg), ramură senzitivă a nervului facial (VII) care face sinapsă în ganglionul geniculat, apoi se alătură fibrelor motorii ale facialului. Aceste două ramuri pătrund împreună în trunchiul cerebral, pe faţa lui anterioară (originea aparentă) prin şanţul bulbo-protuberanţial;

– pentru 1/3 posterioară a limbii, ramura senzitivă a nervului glosofaringian (IX);

– pentru mugurii gustativi având alte localizări, ramura senzitivă a nervului vag (X).

Fibrele aferente gustative ale acestor trei nervi se alătură în bulb, unde fac sinapsă. Axonii de la aceşti neuroni bulbari (care sunt deutoneuronii căii) se încrucişează şi fac o nouă sinapsă în talamus (al III-lea neuron al căii). De aici fibrele aferente gustative se îndreaptă spre scoarţa cerebrală, ajungând în aria sensibilităţii gustative care se află în girusul postcentral din lobul parietal, în partea sa inferioară („piciorul" girusului), în zona sensibilităţii feţei (fig. 5.23).

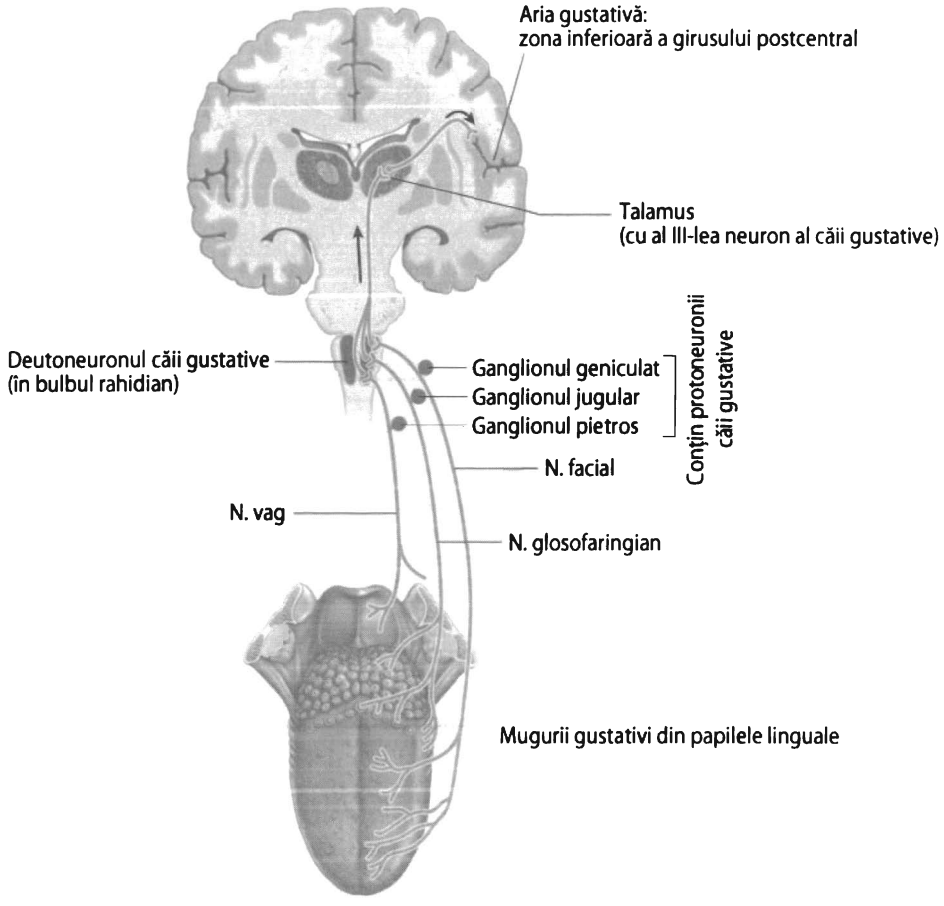


Fig. 5.23 – Calea sensibilității gustative.

6. APARATUL RESPIRATOR
[THE RESPIRATORY SYSTEM]

DEFINIȚII ȘI EXPLICAȚII

- *Acidoză* = tulburarea echilibrului acido-bazic din plasmă în sensul acidității. În acidoza respiratorie eliminarea CO_2 prin plămâni este deficitară și din această cauză raportul acid carbonic/bicarbonat din plasmă este crescut.
- *Adventice* = tunica externă, formată din țesut conjunctiv, a unui organ sau a unui conduct anatomic.
- *Anticolinergic* = medicament (substanță) cu acțiune antagonistă față de inervația parasimpatică a unei regiuni, prin blocarea mediatorului chimic (care este acetilcolina).
- *Apnee* = oprirea respirației.
- *Bradipnee* = rărirea ritmului respirator.
- *Dispnee* = dificultate în respirație, însoțită – ca manifestări subiective – de jenă respiratorie și „sete de aer".
- *Emfizemul pulmonar organic* = boală caracterizată prin diminuarea țesutului elastic din plămâni, distrugerea septurilor interalveolare și creșterea considerabilă a volumului rezidual pulmonar [→ Tabelul 6.4 – Volumele pulmonare].
- *Epistaxis* = sângerare nazală.
- *Gazometrie sanguină* = metodă de laborator prin care se dozează concentrația și presiunile parțiale ale O_2 și CO_2 în sânge precum și echilibrul acido-bazic, fie prin recoltarea unui eșantion sanguin, fie fără recoltare, transcutanat (metoda se numește oximetrie transcutanată, folosind un aparat de spectrofotometrie cu celulă fotoelectrică, puls-oximetru).
- *Haemophilus influenzae* = bacterie gram-negativă foarte patogenă, putând produce pneumonie, laringită supraglotică, meningită purulentă etc.
- *Hil* = regiunea prin care într-un organ intră și ies vasele sanguine, vasele limfatice, fibrele nervoase aferente și eferente, conductele care realizează comunicarea cu exteriorul sau cu alte organe. Este de obicei și o zonă bogată în ganglioni limfatici (tributari organului).

- *Hipercapnie* = creşterea CO_2 în sânge.
- *Hiperventilaţie* = creşterea debitului de aer ventilat prin alveolele pulmonare. Apare în bolile respiratorii care produc hipoxie (ex.: pneumonii cu focare multiple tip bronhopneumonie).
- *Hipoxie* = diminuarea aportului de oxigen la nivelul ţesuturilor. Termenul este uneori folosit şi pentru a desemna scăderea nivelului oxigenului în sângele arterial şi capilar (= hipoxemie).
- *Polipnee* = accelerarea ritmului respirator.
- *Sinusul carotidian* = zonă mică situată la bifurcaţia arterei carotide primitive, bogată în baroreceptori (receptori la presiune, cu rol în reglarea TA) şi în chemoreceptori sensibili la variaţiunile concentraţiei sanguine a O_2 (receptori chimici cu rol în reglarea respiraţiei).
- *Sinusuri paranazale* = cavităţi aeriene situate în interiorul unor oase ale feţei şi care comunică cu meatul mijlociu din cavităţile nazale, având o mucoasă care se continuă cu cea nazală. Există două sinusuri maxilare (drept şi stâng), două sinusuri frontale, două sinusuri etmoidale (alcătuite din mai multe cavităţi) în cele două mase laterale ale etmoidului şi un sinus sfenoidal (alcătuit din mai multe cavităţi). Inflamaţia unui sinus = sinuzită. ***Atenţie***, a NU se confunda cu sinusurile venoase, sinusul carotidian, sinusul coronar etc., care au altă formă, altă structură şi alte funcţii!

Aparatul respirator este alcătuit dintr-o succesiune de organe cu aspect şi structură diferite [→ Tabelul 6.1], dar care concură la îndeplinirea aceleiaşi funcţii: schimburile gazoase, adică realizarea unui aport continuu de oxigen din aerul atmosferic – necesar vieţii şi activităţii organismului – şi eliminarea concomitentă a dioxidului de carbon rezultat din procesele de catabolism (fig. 6.1).

6.1. CĂILE RESPIRATORII (AERIENE) SUPERIOARE *[The upper airways]*

6.1.1. NASUL ŞI CAVITĂŢILE (FOSELE) NAZALE *[The nose and the nasal cavities]*

Nasul este reprezentat la exterior de piramida nazală, aflată în centrul feţei şi formată din cele două oase nazale. Piramida nazală (nasul extern)

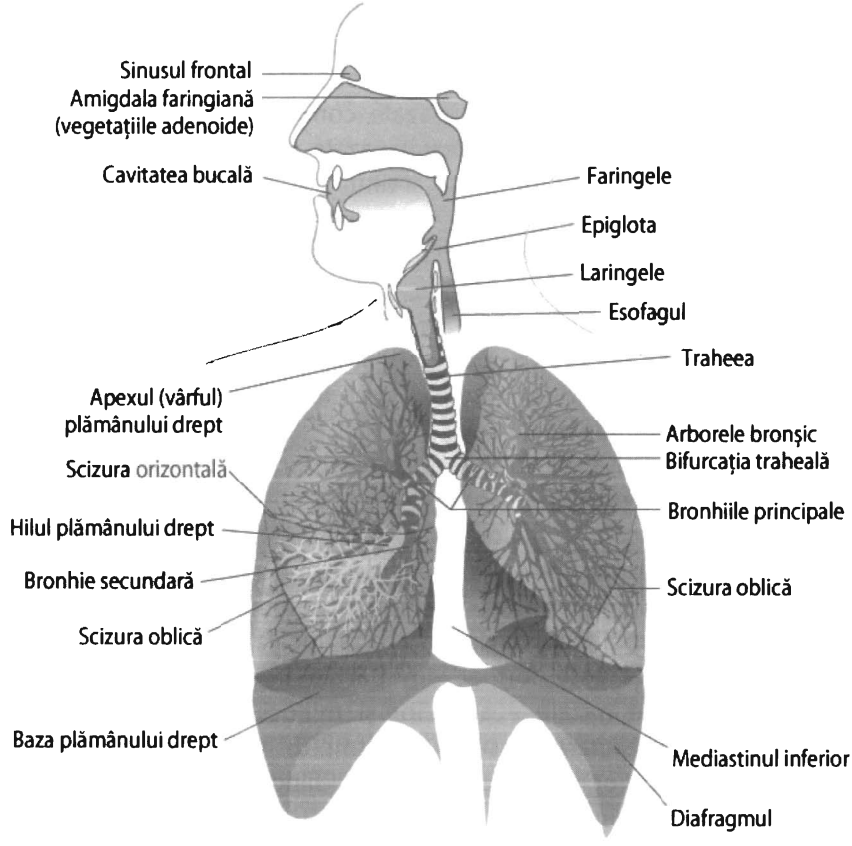


Fig. 6.1 – Aparatul respirator văzut în ansamblu.

TABELUL 6.1

Componentele principale ale aparatului respirator

Căile respiratorii superioare:	Nasul şi cavităţile (fosele) nazale Faringele Laringele
Căile respiratorii inferioare:	Traheea Bronhiile principale şi arborele bronşic Bronhiile mici şi bronhiolele terminale
Plămânii:	Lobii pulmonari Lobulii pulmonari Alveolele pulmonare Circulaţia sanguină pulmonară
Pleura:	Pleura viscerală Pleura parietală

are formă de piramidă triunghiulară. În structura ei se găseşte un schelet osteocartilaginos pe care se prind o serie de muşchi ai mimicii. Aceştia determină dilatarea sau contracţia narinelor, cele două orificii situate la baza piramidei, prin care cavităţile nazale comunică cu exteriorul.

Fiecare din cele două cavităţi (fose) nazale (dreaptă şi stângă) prezintă un segment anterior (vestibulul nazal) şi altul posterior (fosa nazală propriu-zisă). Aceasta are forma aproximativă a unui tub paralelipipedic în care:

– peretele anterior este inexistent, aici fiind vestibulul nazal şi deschiderea către exterior prin narine;

– peretele inferior îl constituie lama palatină a maxilarului superior articulată cu lama orizontală a oaselor palatine;

– peretele superior îl constituie lama ciuruită a osului etmoid (care este os impar situat median);

– peretele medial este format din septul median osteo-cartilaginos. Acesta are posterior o porţiune osoasă (reprezentată de osul vomer, os impar, situat median şi vertical), la mijloc o porţiune cartilaginoasă şi anterior una membranoasă. Septul nazal este acoperit de o mucoasă bogat vascularizată care, în dreptul cartilajului septal, prezintă o aglomerare capilară ce poate fi sediul unor hemoragii (epistaxis de cauză locală);

– peretele lateral este format din părţile laterale ale osului etmoid cu cele două cornete nazale – superior şi mijlociu – plus cornetul nazal inferior care este os separat, inserat pe etmoid;

– peretele posterior este inexistent, aici fiind deschiderea către faringele superior (nazo-faringele) prin orificiile (câte unul pentru fiecare cavitate nazală) denumite *coane nazale*.

Dedesubtul fiecărui cornet nazal se află câte un spaţiu, *meatul nazal*. În meatul nazal superior se află mucoasa olfactivă cu neuronii olfactivi bipolari [→ Cap. 5.6 – ANALIZATORUL OLFACTIV]. Tot aici se deschide *sinusul sfenoidal*. În meatul nazal mijlociu se deschid celelalte sinusuri paranazale *(sinusurile maxilare, frontale şi etmoidale)* a căror mucoasă se continuă cu mucoasa cavităţilor nazale (ceea ce explică apariţia sinuzitelor ca o complicaţie a inflamaţiilor mucoasei nazale – rinite, rinofaringite). Sinusurile paranazale menţin o temperatură constantă în jurul foselor nazale şi au rol de cutie de rezonanţă în fonaţie. În meatul nazal inferior se deschide canalul nazo-lacrimal. Tranzitarea aerului inspirat are loc prin vestibulul nazal – prevăzut cu glande sebacee şi fire de păr pentru filtrarea impurităţilor din aer – şi prin partea inferioară a cavităţilor nazale, unde mucoasa – bogat vascularizată şi prevăzută cu glande seromucoase – încălzeşte şi umidifică aerul pătruns. La nivelul coanelor nazale, mucoasa nazală se continuă cu cea a faringelui (fig. 6.2).

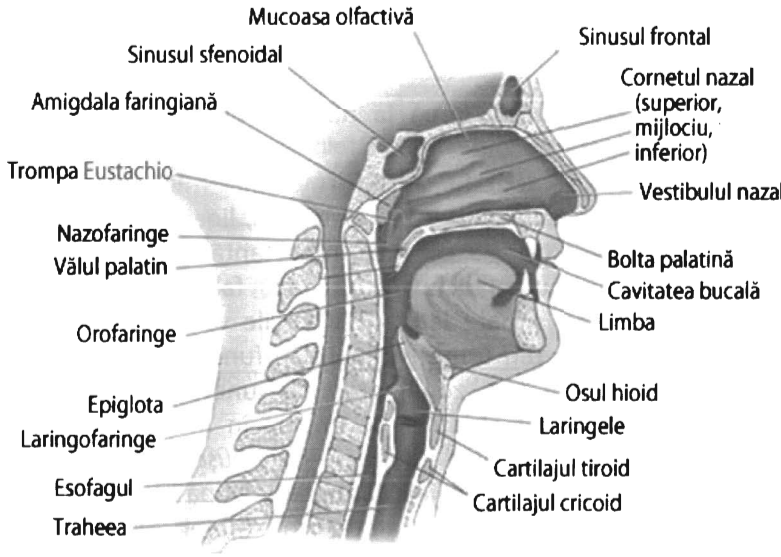


Fig. 6.2 – Secțiune sagitală prin căile respiratorii superioare și cavitatea bucală.

6.1.2. FARINGELE *[The pharynx]*

Este cavitatea unde căile respiratorii superioare se intersectează cu tractul digestiv, faringele având o dublă funcție: în timpul actului respirator este tranzitat de aerul inspirat sau expirat; în timpul deglutiției este tranzitat de bolul alimentar înghițit. Pentru apartenența la căile respiratorii superioare, menționăm că el comunică în partea antero-superioară cu cavitățile nazale prin coane, iar în partea antero-inferioară cu laringele prin etajul supraglotic al acestuia. Pentru detalii → Cap. 9 – APARATUL DIGESTIV.

6.1.3. LARINGELE *[The larynx]*

Este un segment al căilor respiratorii superioare și totodată organul vorbirii. Are forma generală a unui trunchi de con, cu baza mare în sus (cranial) și baza mică la partea inferioară, unde comunică cu traheea. Are structura de organ musculo-cartilaginos, fiind format din mai multe cartilaje, enumerate cranio-caudal (dinspre faringe spre trahee):

– **Epiglota** – situată median și inserată posterior față de baza limbii – are rolul unei supape care închide intrarea în laringe în timpul deglutiției.

– **Cartilajul tiroid** este situat median, superior, și are forma unei cărți deschise cu cotorul (cantul) proeminent anterior („mărul lui Adam"), vizibil la unele persoane de sex bărbătesc în partea superioară a gâtului.

– **Cartilajul cricoid**, situat dedesubt, are formă circulară şi seamănă cu un inel cu pecete, având pecetea în partea dorsală; el face legătura cu orificiul superior al traheei.

– **Cartilajele aritenoide**, două la număr, sunt inserate pe marginea superioară a cartilajului cricoid.

– Mai există **două cartilaje cuneiforme**, mai mici.

Între ele, cartilajele sunt unite prin articulaţii, ligamente şi muşchi laringieni proprii. Partea funcţională cea mai importantă a laringelui este glota, zonă situată în etajul său mijlociu. Aici se află falsele corzi vocale (două plici de ţesut conjunctiv situate lateral) şi corzile vocale adevărate (situate medial). Vibraţia acestora din urmă (variabilă în funcţie de viteza şi volumul aerului expirat care trece prin zonă) produce sunetele vocii.

Muşchii laringelui sunt striaţi şi se împart în *muşchi extrinseci* – care deplasează laringele în timpul deglutiţiei – şi *muşchi intrinseci* – care se prind cu ambele capete de cartilajele laringelui. După acţiunea lor, muşchii intrinseci se împart în dilatatori ai glotei, constrictori ai glotei şi muşchi tensori ai corzilor vocale (fig. 6.3).

Mucoasa laringiană este un epiteliu de tip respirator (cilindric ciliat), cu excepţia plicilor vocale care prezintă un epiteliu pavimentos stratificat şi lipsit de glande. La partea inferioară, mucoasa laringiană se continuă cu mucoasa traheală (fig. 6.4).

• **Funcţiile laringelui** sunt două: este un conduct aerian în lanţul căilor respiratorii superioare şi este organul principal al fonaţiei (vorbirii articulate), la care contribuie însă şi alte formaţiuni.

Considerată ca al doilea sistem de semnalizare (după cel reprezentat prin senzaţiile primite de la receptori), vorbirea are centrii în scoarţa cerebrală. Aici se desfăşoară decodificarea cuvintelor, realizarea asociaţiilor, declanşarea semnalelor şi a comenzilor pentru efectuarea actului vorbirii. Re-

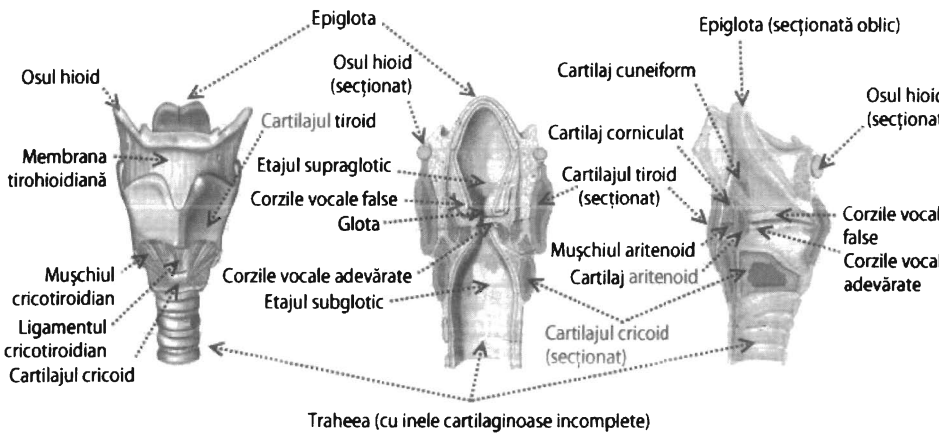


Fig. 6.3 – Laringele văzut în trei poziţii.

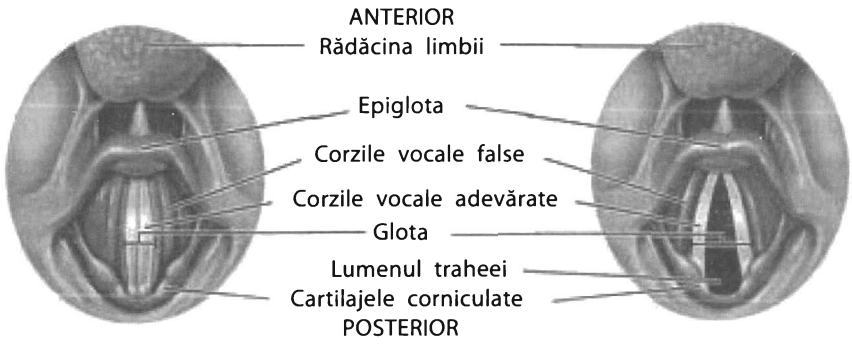


Fig. 6.4 – Laringele văzut de sus prin examen laringoscopic.

amintim că centrul motor al vorbirii (centrul Broca) se află – pentru dreptaci – la baza girusului frontal ascendent din lobul frontal stâng, adică în partea inferioară a ariei somatomotorii stângi.

Pentru rostirea cuvintelor este necesară trecerea unui curent de aer expirat care să pună în vibrație corzile vocale din laringe. Sunetele produse prin vibrația corzilor vocale sunt modelate de cavitățile de rezonanță reprezentate prin cavitatea bucală, faringe, fosele nazale, precum şi de mişcările limbii şi ale vălului palatin. Cartilajele aritenoide constituie elementul mobil din laringe, care poate face să varieze distanța dintre corzile vocale. Cu cât plicile vocale sunt mai apropiate, cu atât sunetele emise sunt mai înalte; cu cât plicile vocale sunt mai îndepărtate, sunetele produse de laringe sunt mai joase (mai grave). Amplitudinea vocii depinde de forța cu care este expulzat aerul expirat, iar tonalitatea este condiționată de lungimea şi gradul de tensionare ale corzilor vocale. Profunzimea şi timbrul natural al vocii țin de forma şi dimensiunile laringelui, faringelui, nasului şi cavității bucale.

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA CĂILOR RESPIRATORII SUPERIOARE *[Application to the pathology of the upper airways]*

Laringita acută *[Acute laryngitis]* este inflamaţia mucoasei laringiene determinată de virusuri sau bacterii. Printre formele grave se citează **laringita supraglotică (epiglotita),** produsă cel mai frecvent de *Haemophilus influenzae*. Există şi laringită subglotică denumită **crup**, cele mai cunoscute fiind crupul gripal şi crupul rujeolic. Vechiul crup difteric nu se mai semnalează în Europa, deoarece difteria a fost eradicată prin vaccinarea obligatorie în primul an de viaţă. Pericolul cel mare al crupului este obstrucţia (astuparea) laringelui, putând produce moartea rapidă prin asfixie. Riscul maxim îl prezintă

copiii, deoarece ei au diametrul intern al laringelui mai mic. În situaţii de mare urgenţă este indicată traheostomia (= efectuarea sub laringe a unei butoniere care să realizeze comunicarea dintre lumenul traheal şi aerul atmosferic) cu introducerea unei canule (altminteri butoniera se închide singură!).

6.2. CĂILE RESPIRATORII (AERIENE) INFERIOARE *[The lower airways]*

6.2.1. TRAHEEA *[Trachea; the windpipe]*

Se prezintă ca un conduct cilindric fibro-musculo-cartilaginos, lung de 10-16 cm (în funcţie de înălţimea persoanei), poziţionat anterior faţă de esofag şi care se întinde de la laringe (situat cranial) până la bifurcaţia traheală (la nivelul T_4 - T_5), unde se divide în cele două bronhii principale, dreaptă şi stângă. Este formată din 15-20 de inele cartilaginoase incomplete deoarece în partea dorsală fiecare inel se întrerupe, fiind înlocuit de o membrană musculo-fibro-elastică, ce permite dilatarea esofagului şi înaintarea bolului alimentar în timpul deglutiţiei. Epiteliul traheal este de tip unistratificat cilindric, conţine celule prevăzute cu cili şi glande care secretă mucus, având în acest fel un rol în filtrarea aerului inspirat şi în evacuarea secreţiilor din căile respiratorii mai jos situate (fig. 6.5).

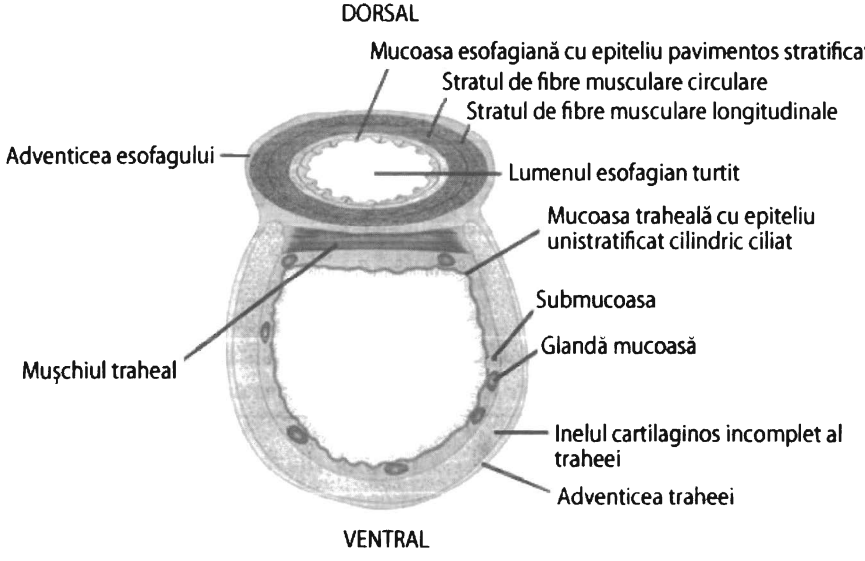


Fig. 6.5 – Secţiune transversală prin trahee şi esofag.

6.2.2. BRONHIILE PRINCIPALE ŞI ARBORELE BRONŞIC *[The main bronchi and the bronchial tree]*

Din bifurcaţia traheală rezultă cele două bronhii principale (bronhii primare, de ordinul I, dreaptă şi stângă). Cea dreaptă este mai scurtă, având în structura ei 5-7 inele cartilaginoase; cea stângă – cu calibru mai mic decât cea dreaptă – este mai lungă, având 9-12 inele cartilaginoase. Bronhiile primare se divid, rezultând în dreapta, două bronhii secundare (din care cea inferioară se divide imediat în două bronhii lobare, câte una pentru lobul mediu şi alta pentru lobul inferior al plămânului drept), iar în stânga, două bronhii secundare (câte una pentru fiecare lob al plămânului stâng). În continuare, are loc divizarea bronhiilor în ramuri cu diametrul tot mai mic. Privit în ansamblu, arborele bronşic arată succesiunea bronhiilor (de la mari spre mici) în → Tabelul 6.2 – Arborele bronşic.

TABELUL 6.2

Arborele bronşic

<table>
<tr><th colspan="2">Tipul de bronhie</th><th>Caracteristici</th></tr>
<tr><td colspan="2">Bronhie principală (dreaptă şi stângă)
↓
Bronhii lobare
↓
Bronhii segmentare
↓
Bronhii supralobulare
↓</td><td rowspan="4">Toate aceste tipuri de bronhii au schelet fibrocartilaginos.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Bronhiole intralobulare
↓
Bronhiole terminale
↓</td><td rowspan="5">Aceste tipuri de bronhii sunt lipsite toate de schelet fibrocartilaginos, prezentând:
– muşchi netezi cu fibre circulare;
– epiteliu ciliat cu celule care secretă mucus.</td></tr>
<tr><td>Bronhiole respiratorii (acinoase)
↓
Canale alveolare
↓
Saci alveolari
↓
Alveole pulmonare</td><td>Constituie acinul pulmonar</td></tr>
</table>

Denumirea de bronhie include, prin urmare, toate conductele aeriene bronhice care au în perete un inel fibrocartilaginos. Acestea se continuă cu bronhiolele, la care inelul cartilaginos dispare.

Peretele bronhiilor de dimensiuni mijlocii este format, de la lumen spre exterior, din următoarele straturi: mucoasa prevăzută cu epiteliu cilindric pseudostratificat şi ciliat şi cu glande mucoase; submucoasa din ţesut conjunctiv lax; strat muscular neted; inel cartilaginos hialin care – cu mici discontinuităţi – le circumscrie; adventicea (învelitoarea din ţesut conjunctiv) înzestrată cu vase mici.

6.2.3. BRONHIOLELE *[Bronchioles]*

Sunt conductele aerifere terminale şi cele mai mici, caracterizate prin absenţa cililor în mucoasă şi a inelului cartilaginos, având deci şi peretele mult mai subţire, dar dotate cu un strat muscular circular care poate – prin contracţie – să îngusteze apreciabil lumenul conductului. Există bronhiole terminale şi bronhiole respiratorii, acestea fiind cele care se deschid în canalele alveolare (= conductele de acces al aerului în sacii [ciorchinii] formaţi din gruparea alveolelor pulmonare).

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA CĂILOR RESPIRATORII INFERIOARE *[Application to the lower airways pathology]*

Astmul bronşic *[Bronchial asthma]* este o boală cronică manifestată prin crize repetate de dispnee expiratorie paroxistică cu expiraţie dificilă, şuierătoare (zgomotul produs se numeşte wheezing) şi prelungită. Boala are drept cauză inhalarea unor particule de alergeni [→ Cap. 14 - SISTEMUL IMUNITAR]. Mecanismul crizei se explică şi prin configuraţia bronhiolelor: musculatura circulară se contractă spastic, rezultând o bronhioloconstricţie; glandele mucoasei secretă o abundenţă de mucus care se comportă ca un adevărat dop în lumenul bronhiolelor; mucoasa se infiltrează cu diferite tipuri de celule şi astfel se îngroaşă. Toţi aceşti factori cumulaţi (şi multiplicaţi cu numărul foarte mare de bronhiole existente) creează un obstacol important în expulzarea aerului din plămâni, adică în efectuarea expiraţiei.

6.3. PLĂMÂNII (PULMONII) *[The lungs]*

Cei doi plămâni se prezintă ca doi saci spongioşi aşezaţi aproape simetric în cele două hemitorace (drept şi stâng). Forma lor generală, aproximativ conică, prezintă o faţă antero-laterală convexă şi o faţă medială

plană. La exterior, se pot delimita *lobii pulmonari*, separați între ei prin scizuri (șanțuri profunde, vizibile la suprafața plămânilor). Plămânul drept este format din trei lobi: lobul superior (care include și vârful plămânului), delimitat în jos de scizura orizontală; lobul mediu cuprins între scizura orizontală și cea oblică; lobul inferior (care include și baza plămânului), situat sub scizura oblică. Plămânul stâng are numai doi lobi: lobul superior (care include și vârful) și lobul inferior (incluzând și baza). Cei doi lobi ai plămânului stâng sunt separați printr-o scizură oblică unică. De notat că plămânul stâng este mai mic decât cel drept, nu numai pentru faptul că are doar doi lobi, ci și prin prezența adânciturii mediale în care este adăpostită inima (fig. 6.6).

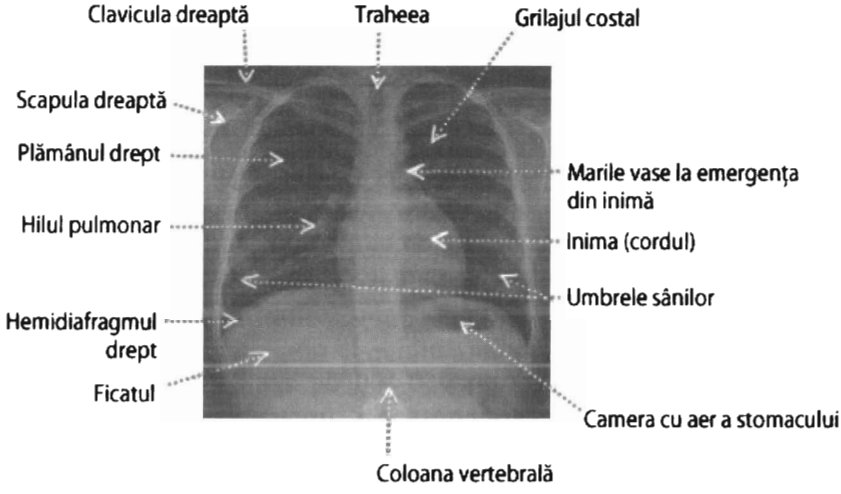


Fig. 6.6 – Radiografie toracopulmonară normală la o femeie adultă, permițând vizualizarea poziției și raporturilor topografice ale plămânilor. Hemidiafragmul drept este mai sus situat față de cel stâng datorită împingerii lui de jos în sus de către ficat.

Regiunea de pe fața medială a plămânului pe unde pătrund bronhia primară, artera pulmonară (dreaptă sau stângă), artera bronșică (dreaptă sau stângă), ramurile nervilor vegetativi; prin care ies cele două vene pulmonare (drepte sau stângi) și unde se găsesc ganglionii limfatici tributari se numește *hilul plămânului* (fig. 6.7).

În continuare, lobii pulmonari se divid în *segmente pulmonare*, delimitate prin septuri conjunctive. Segmentele se divid în lobuli, fiecare *lobul pulmonar* având o formă piramidală cu baza către periferia plămânului și cu vârful către hilul pulmonar. Prin vârful lobulului pătrunde o ramură a arborelui bronșic (care se ramifică în bronhiole), o arteriolă pulmonară (care se ramifică în vase capilare) și iese o venulă pulmonară. În interiorul lobulului se află unitățile morfo-funcționale de bază ale plămânului, *acinii pulmo-*

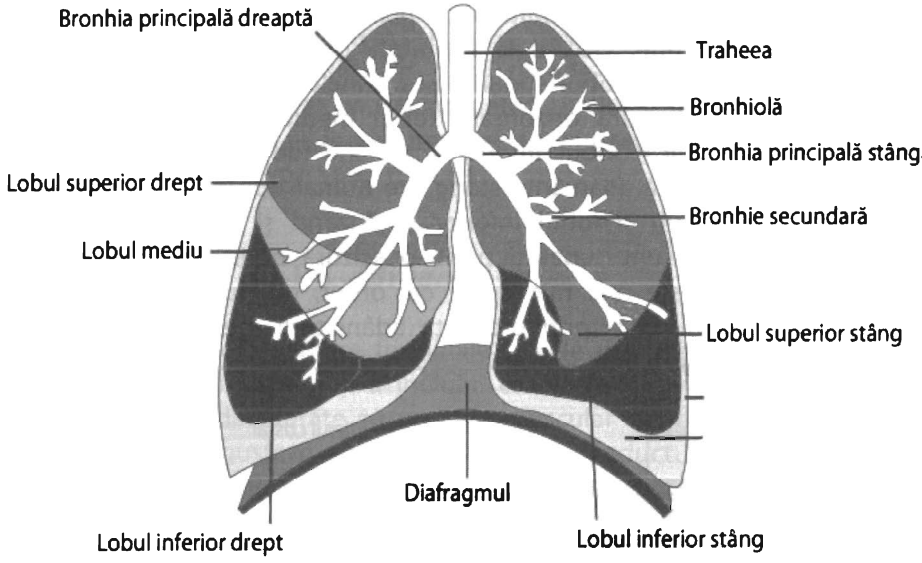


Fig. 6.7 – Arborele bronşic şi lobii pulmonari (schematic).

nari, care pot fi comparaţi cu nişte ciorchini cuprinzând o bronhiolă respiratorie din care derivă canalele alveolare care se distribuie *sacilor alveolari*. Aceştia conţin *alveolele pulmonare* care au forma unor sfere microscopice cu perete foarte subţire, în număr total – la om – de circa 150-200 de milioane. Un lobul pulmonar conţine 50-100 de acini (fig. 6.8).

Pereţii alveolelor pulmonare constituie suprafaţa destinată schimburilor gazoase din plămâni. Aceşti pereţi sunt formaţi dintr-un epiteliu unistratificat cu celule turtite, aşezat pe o membrană bazală, sub care se află un strat foarte subţire de ţesut conjunctiv elastic, bogat în capilare provenite din ramurile terminale ale arterei pulmonare. *Membrana alveolo-capilară* prin care au loc schimburile gazoase din plămâni este deci alcătuită din epiteliul alveolar cu membrana lui bazală şi endoteliul capilar din vecinătate cu mem-

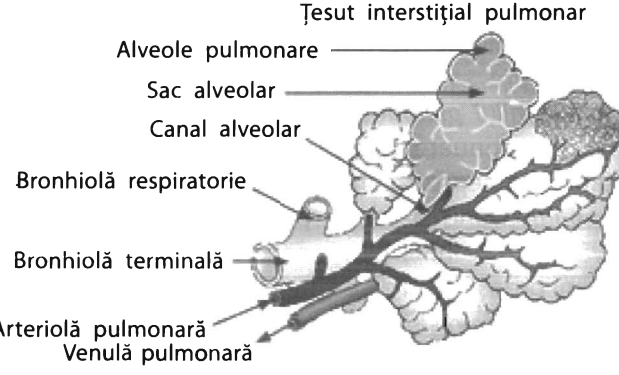


Fig. 6.8 – Lobulul pulmonar: structura şi raporturile topografice. Se observă – după intensitatea conţinutului – că arteriola pulmonară este încărcată cu sânge venos (neoxigenat), iar venula pulmonară cu sânge arterial (oxigenat).

brana bazală proprie. Suprafața totală de schimb gazos la nivelul alveolelor pulmonare însumează la adult aproximativ 150-200 m^2.

Un rol important în menținerea alveolelor pulmonare sub forma unor sfere microscopice îl are *surfactantul,* secretat de însuşi epiteliul alveolar. Este o substanță cu structură lipidică având funcția de a contracara tensiunea superficială existentă datorită țesutului elastic pulmonar şi care tinde să turtească (să colabeze) alveolele. La nou-născuții prematuri, epiteliul alveolar neavând capacitatea (încă) de a secreta surfactant, există riscul apariției unei boli pulmonare grave, neîntâlnită la alte vârste şi care pune în pericol viața prematurului: detresa respiratorie a nou-născutului.

Vascularizația plămânilor prezintă particularitatea de a fi o vascularizație dublă:

– cea **funcțională** este constituită din vasele aparținând micii circulații: arterele pulmonare (singurele artere din organismul adult care transportă sânge de tip venos) cu ramificațiile lor din ce în ce mai mici, mergând până la rețeaua de capilare perialveolare, apoi venule şi vene din ce în ce mai mari, ajungând în final în venele pulmonare (câte două de fiecare plămân, singurele vene din organismul adult care transportă sânge de tip arterial)*. Prin această circulație se asigură schimbul gazos la nivelul membranei alveolo-capilare;

– cea **nutritivă** face parte din marea circulație şi este reprezentată prin arterele bronşice (dreaptă şi stângă), ramuri directe din aorta toracală şi venele bronşice care drenează sângele în vena cavă superioară.

Inervația plămânilor este vegetativă, reprezentată prin nervi simpatici şi parasimpatici deci dublă şi antagonistă. Inervația simpatică are efect bronhodilatator şi vasodilatator (cândva în criza de astm bronşic se utilizau medicamente simpaticomimetice). Inervația parasimpatică (reprezentată prin nervul vag [X]) are efect bronhoconstrictor şi vasoconstrictor. Ținând seama de acest efect, în tratamentul modern al crizei de astm s-au introdus spray-uri cu efect parasimpaticolitic (= anticolinergic).

6.4. PLEURA
[The pleura]

Este reprezentată prin două membrane seroase (una dreaptă, una stângă) care acoperă separat cei doi plămâni. Fiecare pleură este formată dintr-o foiță parietală (care căptuşeşte hemitoracele respectiv) şi o foiță

* Cu titlu informativ, amintim că în viața intrauterină cele două artere ombilicale (care parcurg întregul cordon ombilical de-a lungul lui) conduc sânge de tip venos către placentă, iar vena ombilicală duce sânge de tip arterial de la placentă spre făt.

viscerală care îmbracă strâns suprafaţa plămânului, mulându-se perfect chiar pe interiorul scizurilor. Cele două foiţe au continuitate la nivelul hilului pulmonar. Spaţiul dintre ele este virtual şi conţine o cantitate foarte mică de lichid care permite alunecarea lor lină, fără frecare, în timpul mişcărilor respiratorii. Presiunea intrapleurală este negativă, astfel încât perforarea uneia dintre foiţe determină pătrunderea aerului în cavitatea pleurală (până în acel moment virtuală), realizându-se un *pneumotorax* (informativ menţionăm că revărsarea de sânge în spaţiul pleural se numeşte *hemotorax*, iar revărsarea de puroi – *piotorax*). Deoarece fiecare plămân are pleura sa, între cei doi plămâni se creează spaţiul numit *mediastin*, dar care este, de fapt, delimitat lateral de pleurele parietale de pe faţa medială a fiecărui plămân.

Mediastinul, spaţiul dintre cei doi plămâni, este delimitat anterior de stern şi posterior de corpii vertebrali ai vertebrelor toracale. El cuprinde:

– în partea posterioară aorta descendentă (situată cel mai dorsal), esofagul (în faţa aortei), vena cavă superioară, vena azigos cu vena hemiazigos, canalul limfatic toracic, nervii vagi, lanţul toracal de ganglioni simpatici;

– în partea mijlocie, traheea (situată în faţa esofagului) cu ramificaţia ei în cele două bronhii primare (principale, de ordinul I);

– în partea anterioară, de sus în jos: timusul; aorta ascendentă şi artera pulmonară; inima (situată cel mai jos).

6.5. FIZIOLOGIA RESPIRAŢIEI *[The respiratory physiology]*

Studiul acesteia include: mecanica respiraţiei, schimburile gazoase respiratorii, transportul gazelor prin sânge şi reglarea neuro-umorală a respiraţiei.

6.5.1. MECANICA RESPIRAŢIEI *[The respiratory mechanics]*

Actul respirator normal se desfăşoară în doi timpi, separaţi printr-o pauză de durată constantă în anumite condiţii fiziologice (repaus, somn, relaxare) şi modificată în efort, emoţie, stare de încordare.

Inspiraţia este introducerea aerului în plămâni prin dilatarea activă a toracelui. Ea se efectuează sub acţiunea musculaturii destinată acestui act. Pentru respiraţia în repaus, contracţia diafragmului (muşchiul care separă cavitatea toracică de cea abdominală) poate fi suficientă. Creşterea volumului cutiei toracice se realizează însă prin creşterea celor trei diametre ale sale:

– diametrul antero-posterior se măreşte prin deplasarea de jos în sus a coastelor II-VI, determinată de contracţia muşchilor intercostali externi;

– diametrul transversal se măreşte prin ridicarea coastelor VII-X, însoţită şi de o deplasare laterală a lor (dinăuntru în afară) determinată tot de contracţia muşchilor intercostali externi;

– diametrul vertical se măreşte prin contracţia diafragmului. Datorită suprafeţei relativ mari a diafragmului (aproximativ 250 cm^2), coborârea lui cu 1,5 cm în cursul unei inspiraţii de repaus atrage o mărire a volumului cutiei toracice care reprezintă 75% din creşterea totală de volum a acesteia în inspiraţie.

Contracţia diafragmului (care are formă de umbrelă cu concavitatea spre abdomen) duce la micşorarea curburii sale, la comprimarea organelor abdominale şi la creşterea diametrului longitudinal (vertical) toracic; realizând deci o respiraţie de tip abdominal. În inspiraţia forţată, intervin muşchii inspiratori accesori care acţionează asupra cutiei toracice prin ridicarea şi orizontalizarea coastelor, realizând o respiraţie predominentă de tip toracal: cei doi muşchi sternocleidomastoidieni, muşchii scaleni, muşchii dinţaţi postero-superiori, pectoralii mari şi mici, muşchii dorsali mari, trapezul.

Aerul inspirat trece prin cavităţile nazale, unde este filtrat, încălzit şi umezit. Apoi prin faringe (unde NU se suprapune niciodată cu deglutiţia, act care ţine de calea alimentară), prin laringe (care nu poate emite sunete în timpul inspiraţiei, ci doar în expiraţie). Mai departe prin trahee, apoi prin ramificaţia acesteia în cele două bronhii primare, prin ramificaţiile arborelui bronşic şi bronhiole, ajungând în final în alveolele pulmonare, unde au loc schimburile gazoase.

Expiraţia, adică expulzarea aerului din plămâni, se desfăşoară în repaus cel mai mult în mod pasiv, datorită ţesutului elastic abundent în ambii plămâni şi care retractează plămânii spre volumul lor iniţial. Din acest motiv are o durată mai mare faţă de inspiraţie, în raport de 1,3/1. În expiraţia forţată intervin muşchii expiratori accesori: intercostalii interni, drepţii abdominali, dinţatul postero-inferior.

TABELUL 6.3

Acţiunea muşchilor în ciclul mişcărilor respiratorii

	În inspiraţie	**În expiraţie**
În condiţii de repaus	Diafragmul	Elasticitatea pulmonară (mult mai puţin diafragmul!)
În inspiraţia şi expiraţia forţată	Muşchii intercostali externi	Muşchii intercostali interni
	Muşchii subcostali	
	Sternocleidomastoidienii	Dinţaţii postero-inferiori
	Trapezul	Drepţii abdominali
	Muşchii scaleni (anterior, mijlociu, posterior)	
	Dinţaţii postero-superiori	
	Pectoralii mari	
	Pectoralii mici	
	Dorsalii mari	

Distrugerea sau chiar numai reducerea ţesutului elastic din plămâni se întâlneşte în emfizemul pulmonar organic, unde – în lipsa acestui ţesut – expiraţia devine dificilă şi prelungită.

În mişcările respiratorii efectuate de cuşca toracică, plămânii sunt solidari cu ea datorită pleurei, în care există o presiune uşor negativă (– 2,5 mmHg, realizând «vidul pleural»), astfel încât cele două foiţe ale seroasei pleurale pot aluneca una pe lângă cealaltă, fără a se îndepărta.

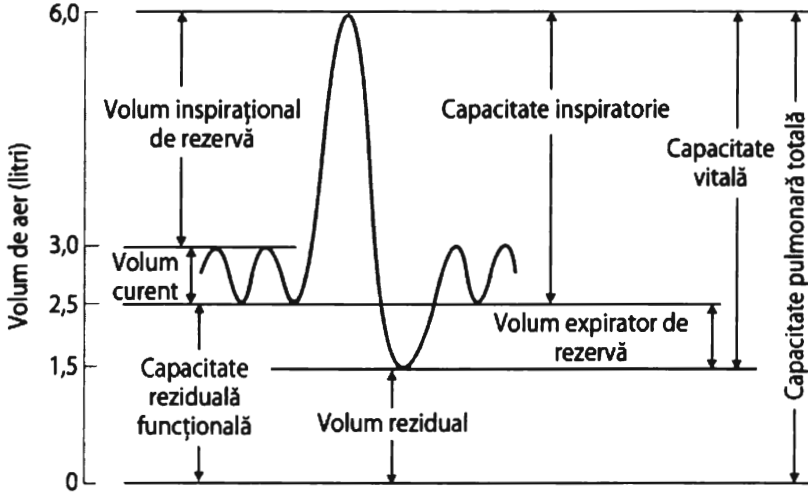


Fig. 6.9 – Înscrierea grafică a volumelor pulmonare determinate prin spirometrie.

Alţi parametri în legătură cu mecanica respiraţiei:

– Frecvenţa respiratorie în repaus: la femei 18 respiraţii (cicluri)/minut, la bărbaţi 15-16 respiraţii (cicluri)/minut. Aceste valori cresc în caz de febră, emoţii, eforturi, infecţii pulmonare. De notat că la copii, cu cât vârsta este mai mică, cu atât numărul de respiraţii/minut este mai mare.

– Debitul ventilator maxim = cantitatea cea mai mare de aer ce poate fi ventilată ca urmare a creşterii maxime a amplitudinii şi frecvenţei respiratorii = Volumul ventilat/respiraţie înmulţit cu frecvenţa/minut ($V_T \times f$). Poate atinge valori până la 150 litri/minut la persoanele antrenate.

– VEMS = volumul expirator maxim în prima secundă (a unei expiraţii forţate după o inspiraţie cât mai profundă) = în mod normal reprezintă peste 90% din capacitatea vitală. Este mult scăzut în astmul bronşic, unde expiraţia are loc cu dificultate şi cu efort din cauza obstrucţiei care apare la nivelul bronhiolelor.

Volumele pulmonare (însumate la ambii plămâni)

Capacităţi		Volumul	Definiţia	Valoare/kgc şi media la adulţi	Observaţii
Capacitate pulmonară totală (CPT) = suma VC + VR = 5.000-6.000 ml	Capacitate vitală (CV) = suma VT + VIR + VER = 3.500-4.000 ml = Volumul maxim de aer care poate fi expulzat din plămâni printr-o expiraţie forţată după o inspiraţie cât mai profundă	Volumul curent (VC sau V_T)	Volumul de aer ventilat în condiţii de repaus, fără efort	7 ml/kgc (400-500 ml)	Creşte în caz de efort fizic, stare emoţională, febră, hipertiroidism, criză de astm bronşic, pneumonii, insuficienţă cardiacă
		Volumul inspirator de rezervă (VIR)	Volumul maxim de aer care, după o inspiraţie obişnuită, poate fi introdus suplimentar în plămâni, printr-o inspiraţie forţată	42 ml/kgc (cca 2.000-3000 ml)	Se realizează numai cu participarea muşchilor inspiratori accesorii. Reprezintă 60% din CV
		Volumul expirator de rezervă (VER)	Volumul maxim de aer care, după o expiraţie obişnuită, poate fi expulzat suplimentar din plămâni printr-o expiraţie forţată	20 ml/kgc (cca 1.200-1.500 ml)	Se realizează numai cu participarea muşchilor expiratori accesorii. Reprezintă 25% din CV
	Volumul rezidual (VR)		Volumul de aer din plămâni care nu poate fi expulzat în nici un fel în timpul vieţii	15 ml/kgc (cca 1.000-1.300 ml)	Creşte în criza de astm bronşic, în emfizemul pulmonar, în bronhopneumopatia obstructivă cronică
	Capacitatea reziduală funcţională (CRF) = VER + VR		Volumul de aer care rămâne în plămâni după o expiraţie normală		Reprezintă 50% din CPT
	Capacitatea inspiratorie (CI) = V_T + VIR		Volumul de aer care poate fi introdus în plămâni printr-o inspiraţie maximă după o expiraţie de repaus		Reprezintă 50% din CPT

6.5.2. SCHIMBURILE GAZOASE *[Gas exchanges]*

• SCHIMBURILE GAZOASE RESPIRATORII LA NIVELUL MEMBRANEI ALVEOLO-CAPILARE (ETAPA PULMONARĂ) *[Gas exchange between alveoli air and capillaries]*

La sfârşitul unui ciclu respirator, în repaus, în interiorul plămânilor se află aproximativ 2.500 ml de aer. Din aceştia, cca 2.350 ml participă la schimburile gazoase, aflându-se în interiorul alveolelor (= aer alveolar), restul de cca 150 ml fiind cantonat în căile respiratorii (nas, faringe, laringe, trahee, bronhii de diferite mărimi şi bronhiole), la nivelul cărora NU au loc schimburi de gaze. Din acest motiv, spaţiul din căile aeriene menţionate este denumit «spaţiu mort anatomic».

Odată pătruns în căile aeriene superioare, compoziţia aerului atmosferic se modifică drept urmare a creşterii presiunii parţiale a vaporilor de apă, cât şi a diluării cu aerul rămas în căile respiratorii superioare după expiraţia precedentă. Acesta conţine o cantitate mai mică de O_2 şi o cantitate mai mare de CO_2 în comparaţie cu aerul atmosferic.

La nivelul alveolelor pulmonare, schimburile gazoase constau în:

– difuzarea oxigenului adus prin aerul inspirat (unde are o presiune parţială mai mare în alveolele pulmonare) prin membrana alveolo-capilară, cu trecerea lui în sângele din capilarele pulmonare (unde presiunea sa parţială este mai mică). Acest proces de oxigenare se numeşte hematoză pulmonară;

– difuzarea dioxidului de carbon din sângele capilarelor perialveolare (unde presiunea sa parţială este mai mare) prin membrana alveolo-capilară cu trecerea sa în aerul alveolar (unde are o presiune parţială mai mică). De aici urmează să fie expulzat în exterior, prin aerul expirat.

Concentraţia şi presiunea principalelor gaze în spaţiile care participă la schimburile gazoase → Tabelul 6.5.

Notă: reamintim că, în artera pulmonară, în toate ramurile ei, ca şi în prima jumătate a reţelei de capilare pulmonare, circulă sânge de tip venos, încărcat cu dioxidul de carbon rezultat din respiraţia celulară şi din catabolismul celular.

Din tabelul 6.5 se observă următoarele: concentraţia în oxigen a aerului inspirat (care este aer atmosferic) este mai mare decât cea din aerul expirat. Invers, dioxidul de carbon prezintă o concentraţie mult mai ridicată în aerul expirat faţă de aerul inspirat (atmosferic). Schimburile gazoase sunt însă decise NU de concentraţie, ci de gradientul (diferenţa) de presiune parţială. Deşi pentru dioxidul de carbon diferenţa este foarte mică (6 mmHg), acest fapt nu constituie un impediment întrucât dioxidul de carbon prezintă un coeficient de solubilitate de 20 de ori mai mare şi o viteză de difuziune de 25 de ori mai mare faţă de oxigen.

Concentraţia comparativă şi presiunea gazelor în spaţiile care participă la schimburile gazoase

Gazul	Aer atmosferic (= inspirat)		Aer alveolar		Sânge venos	Sânge arterial	Ţesuturi	Aer expirat		Observaţii
	%	Presiunea parţială (mmHg)	%	Presiunea parţială (mmHg)	Presiunea parţială (mmHg)	Presiunea parţială (mmHg)	Presiunea parţială (mmHg)	%	Presiunea parţială (mmHg)	
Azot (N_2) (Nitrogen)	78	597	74	573				74	573	Gaz inert
Oxigen (O_2)	21	159	14	100	40	95	40	16	120	
Dioxid de carbon (CO_2)	0,04	0,3	5	40	46	40	46	3	27	
Vapori de apă (H_2O)	0,5	4	7	47				7	47	Umidifierea crescută provine din căile respiratorii
Total	100%	760 mmHg	100%	760 mmHg				100%	760 mmHg	

• TRANSPORTUL GAZELOR PRIN SÂNGE (ETAPA SANGUINĂ) *[Gas transport in the blood]*

Oxigenul este transportat în procent de 97,5% în hematii, legat de hemoglobină (Hb) sub forma unui compus labil, oxihemoglobina (HbO_2). Hemoglobina este o metaloproteină având 4 grupări hem legate de o moleculă de globină. Fiecare grupare hem conţine un atom de fier bivalent care se poate lega în mod labil cu câte o moleculă de oxigen (care cuprinde 2 atomi), realizând oxihemoglobina. Deci o moleculă de Hb poate transporta 4 molecule de oxigen, sau – altfel exprimat – 1 g de hemoglobină poate încărca 1,34 ml O_2.

Restul de 1-2% oxigen este dizolvat fizic în plasmă (0,3 ml O_2 la 100 ml plasmă) şi – paradoxal – are rolul funcţional cel mai important deoarece această fracţiune este cea care participă la schimburile directe cu celulele. Culoarea roşu-aprins a sângelui arterial este datorată predominanţei oxihemoglobinei; culoarea roşu-închis a sângelui venos este datorată predominanţei hemoglobinei reduse; culoarea cianotică (vineţie), care apare în bolile respiratorii şi cardiace grave cu hematoză deficitară, este produsă de creşterea importantă a Hb reduse în sângele capilar, în detrimentul oxihemoglobinei.

Dioxidul de carbon este transportat în sânge sub mai multe forme, toate reprezentând combinaţii chimice labile → Tabelul 6.6.

Aceste combinaţii ale dioxidului de carbon se realizează în urma unor reacţii chimice simple. Enzima denumită anhidraza carbonică acţionează în plasmă şi în eritrocite, determinând formarea acidului carbonic:

$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$

În continuare, acidul carbonic (substanţă foarte labilă), se disociază în anionul bicarbonic plus un cation de hidrogen: $HCO_3^- + H^+$.

Ionul bicarbonic se uneşte în plasmă cu sodiul, rezultând bicarbonat de sodiu ($HNaCO_3$) şi în eritrocite cu potasiul, rezultând bicarbonat de potasiu ($HKCO_3$), două dintre formele de transport sanguin ale dioxidului de carbon [→ Tabelul 6.6].

TABELUL 6.6

Formele de transport al CO_2 în sânge

Mediul de transport	Forma de transport	Procentul (%)	Cantitatea
În plasmă	Dizolvat fizic	8	3 ml CO_2 la 100 ml plasmă
	Sub formă de bicarbonat de sodiu ($HNaCO_3$)	70	44 ml CO_2 la 100 ml sânge sub formă de bicarbonaţi
În eritrocite	Sub formă de carbohemoglobină ($HbCO_3$)	12	3 ml CO_2 la 100 ml sânge
	Sub formă de bicarbonat de potasiu ($HKCO_3$)	10	

- **SCHIMBURILE GAZOASE LA NIVELUL ŢESUTURILOR (ETAPA TISULARĂ)** ***[Gas exchange at the tissue level (tissue stage)]*** (fig. 6.10)

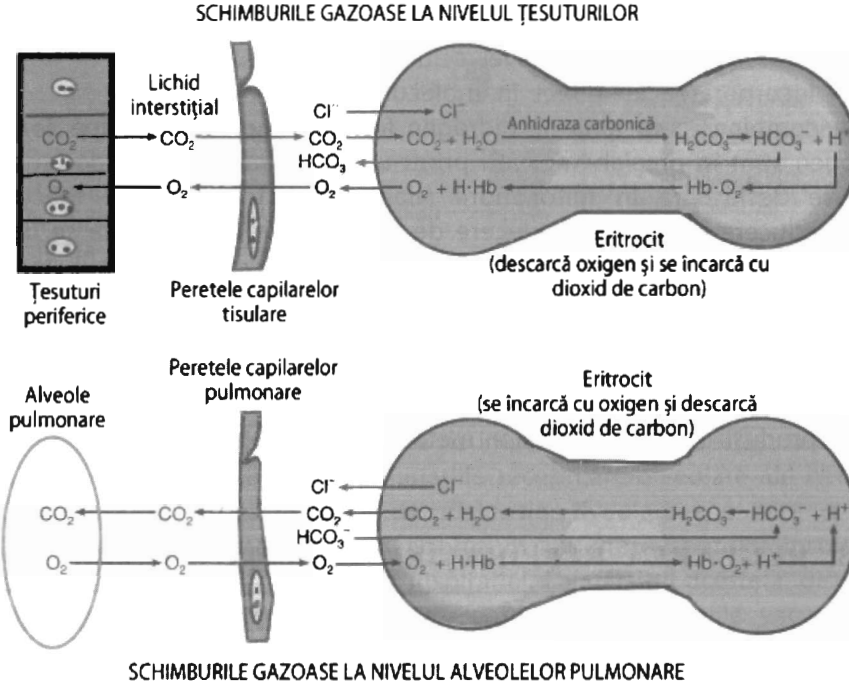


Fig. 6.10 – Schimburile gazoase la nivel tisular şi la nivel alveolar. Se observă că sensul deplasării oxigenului este opus deplasării dioxidului de carbon la ambele niveluri. Ionul de clor participă şi el prin ieşirea din celule, apoi prin reintrare, având drept rezultat menţinerea echilibrului ionic între celule şi lichidul interstiţial.

Oxihemoglobina transportată de sângele arterial, ajungând în reţeaua de capilare a circulaţiei sistemice, se disociază, eliberând oxigenul, care trece în lichidul interstiţial, în sânge rămânând hemoglobina redusă (HbO_2 → Hb + O_2). Disocierea oxihemoglobinei şi trecerea oxigenului din capilare în lichidul interstiţial este favorizată de presiunea parţială a O_2, mai mare în sângele capilar decât în spaţiul interstiţial (97 mmHg faţă de 40 mmHg). Din spaţiul interstiţial, oxigenul este preluat de celule şi utilizat în procesul de respiraţie celulară.

Din partea celulelor, dioxidul de carbon (rezultat al respiraţiei celulare şi al catabolismului unor substanţe organice) trece în lichidul interstiţial şi imediat apoi în sângele capilar, datorită tot unui gradient (diferenţă de presiune parţială) care pentru CO_2 este mai mare în compartimentul celular şi interstiţial decât în sângele capilar.

Suma proceselor prin care oxigenul transportat în sânge este cedat la nivelul capilarelor din ţesuturi către sistemele enzimatice celulare (unde este utilizat) şi prin care dioxidul de carbon – produs de celulă ca urmare a proceselor metabolice – este descărcat în sânge, poartă numele de respiraţie celulară.

Utilizarea oxigenului la nivel celular se realizează prin:

– încorporarea lui direct în moleculele organice;

– combinarea cu ionii de hidrogen formând molecule de apă. Ionii de hidrogen sunt în prealabil activaţi printr-un şir de reacţii de oxido-reducere care se desfăşoară în mitocondrii («lanţ respirator»). Aceste reacţii de oxido-reducere au loc cu producere de energie, din care o parte se degajă sub formă de căldură, iar restul este înmagazinată sub forma substanţelor macroergice (acid adenozin-trifosforic = ATP) care, ulterior, va deveni furnizorul de energie pentru menţinerea proceselor vitale.

Dioxidul de carbon provine din reacţiile de degradare a substraturilor (ex.: reacţii de decarboxilare), el reprezentând – alături de apă – unul dintre produşii finali ai reacţiilor metabolice din organism.

6.5.3. REGLAREA RESPIRAŢIEI *[Breathing control]*

Funcţia respiratorie se desfăşoară fără întrerupere pe toată durata vieţii. Oprirea mişcărilor respiratorii ar fi echivalentă cu încetarea vieţii, dar tehnologia modernă a creat ventilatoarele automate care pot suplea pe lungi perioade (luni de zile) mişcările ventilatorii naturale.

Reglarea mişcărilor respiratorii este automată, dar intervenţia factorului voliţional şi comportamental pot modifica apreciabil ritmul respirator.

Reglarea respiraţiei se efectuează în primul rând prin factori nervoşi, în al doilea rând prin factori umorali.

- **Reglarea nervoasă a respiraţiei**

În substanţa reticulată (care prezintă continuitate) din bulbul rahidian şi punte există centrii nervoşi specializaţi pentru mişcările respiratorii. Sunt două coloane separate (dreapta şi stânga) de celule nervoase cu acţiune inspiratorie (centrul inspirator) şi alte două cu acţiune expiratorie (centrul expirator). Activitatea acestor centri se desfăşoară fără întrerupere, în mod automat şi ritmic. În punte există în plus doi centri accesori, specializaţi pentru ritmuri respiratorii deosebite: *centrul apneustic*, ce determină un ritm respirator rărit, cu inspiraţie profundă şi prelungită şi *centrul pneumotaxic*, cu efect antagonist, de creştere a frecvenţei respiratorii şi descreştere a volumului curent. Spre centrul pneumotaxic converg informaţiile necesare pentru adaptarea respiraţiei la diferitele forme de activitate a corpului.

Secționarea legăturilor dintre centrul pneumotaxic și cel apneustic atrage o prelungire a duratei inspirației și o scurtare a expirației, modificare de ritm denumită *apneusis*.

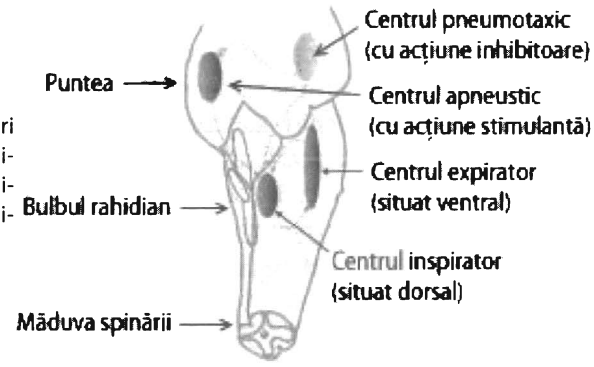


Fig. 6.11 – Centrii respiratori bulbopontini. Centrul inspirator și centrul expirator, situați în bulb, asigură ritmicitatea respirației.

Succesiunea descărcării automate de impulsuri pentru desfășurarea unui ciclu respirator pornește de la terminațiile receptoare alveolare ale nervului vag. Absența excitației produsă de distensia alveolară (pe care o face aerul inspirat) determină automat intrarea în acțiune a centrilor inspiratori bulbari și apneustici cu declanșarea inspirației. La sfârșitul acesteia, distensia pereților alveolari trimite impulsuri aferente prin terminațiile vagale spre centrul apneustic, determinând oprirea activității lui. Diafragmul și ceilalți mușchi inspiratori se relaxează și țesutul elastic pulmonar execută mișcarea (pasivă) de expirație. În timpul expirației, nemaiexistând excitații asupra receptorilor vagali, centrul inspirator reintră în acțiune până în momentul în care se produce din nou distensia alveolelor pulmonare umplute cu aerul inspirat și ciclul se reia de la început.

Tot în cadrul reglării nervoase a respirației trebuie menționat rolul intervenției scoarței cerebrale. Amplitudinea și frecvența respirației pot fi modificate voluntar, totuși în anumite limite. Scufundătorii fără butelii de oxigen își pot ține respirația mai mult de un minut. Se pot face exerciții de respirație cu amplitudinea mișcărilor respiratorii și frecvența lor modificate după propria voință. Asemenea acțiuni dovedesc existența unor conexiuni ale centrilor respiratori cu efect de subordonare față de scoarța cerebrală. Mai pot interveni în modificarea desfășurării respirației hipotalamusul și sistemul limbic. Mai au efect: creșterea presiunii arteriale (inhibă respirația), hipotensiunea arterială (accelerează respirația), acțiunea bruscă a apei reci asupra pielii (produce o scurtă apnee), temperatura mediului ambiant crescută (produce polipnee), febra (determină polipnee), emoțiile (polipnee), somnul (bradipnee).

- **Reglarea umorală a respiraţiei**

Rolul cel mai important îi revine concentraţiei sanguine a dioxidului de carbon. Creşterea acesteia, chiar minimă, determină accelerarea frecvenţei respiratorii şi creşterea amplitudinii respiraţiei (deci şi a volumului curent pulmonar şi a debitului ventilator/minut). Alături de CO_2 intervine, ca factor umoral influent, pH-ul (în caz de acidoză, amplitudinea mişcărilor respiratorii creşte), precum şi modificările apărute în lichidul cefalo-rahidian şi anume: CO_2 pătruns în acest lichid se combină cu apa, rezultând acid carbonic (H_2CO_3). Acidul carbonic (care este un produs foarte labil) disociază rapid în componentele HCO_3^- şi H^+, modificând pH-ul LCR.

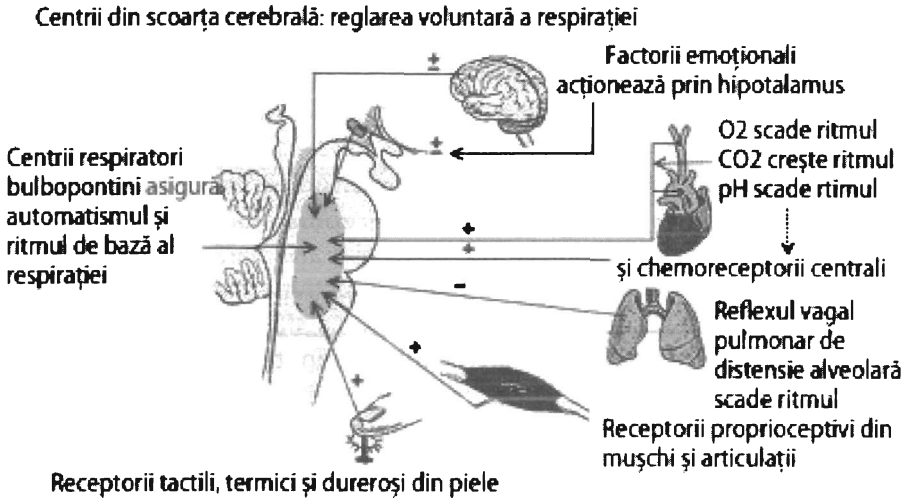


Fig. 6.12 – Reglarea complexă neurohormonală şi chimică a respiraţiei.

Scăderea concentraţiei oxigenului dizolvat fizic în plasmă (în stările de hipoxie) are un efect indirect asupra centrilor respiratori bulbo-pontini, el acţionând prin intermediul chemoreceptorilor situaţi în sinusul carotidian şi în crosa aortei.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA PULMONARĂ *[Applications to the pulmonary pathology]*

Edemul pulmonar acut este o revărsare de lichid din plasmă (transsudat) în alveolele pulmonare. Poate apărea în insuficienţa cardiacă, în inhalarea de gaze toxice, ascensiuni la mare altitudine fără mască de oxigen, în unele infecţii pulmonare, unele boli renale cu retenţie excesivă de apă.

Este comparabil cu o submersiune (înec) internă: apa, în loc să fie aspirată din exterior, provine din propria circulaţie. Bolnavul prezintă dispnee cu polipnee, cianoză, tuse ineficace prin care se elimină o spută aerată şi rozată, senzaţie de sufocaţie şi moartea poate surveni în câteva ore cu asfixie prin inundarea plămânilor, ca la un înecat.

Pneumoniile sunt boli pulmonare acute de cauză infecţioasă, produse de virusuri, alte microorganisme infrabacteriene, bacterii, protozoare şi fungi microscopici patogeni. Bolnavii prezintă febră, dureri toracice, tuse productivă (cu expectoraţie), dispnee cu polipnee, deseori cianoză perioronazală (dovedind deficienţa de hematoză). Se complică frecvent (şi pot ajunge la deces) cu insuficienţă cardiacă. Gazometria sanguină arată de regulă scăderea concentraţiei şi a saturaţiei sângelui periferic în oxigen şi acidoză de tip respirator. Necesită tratament cu asociaţii de antibiotice şi deseori oxigen.

7. APARATUL CARDIOVASCULAR (CIRCULATOR) ŞI SISTEMUL LIMFATIC *[THE CARDIOVASCULAR (CIRCULATORY) SYSTEM AND THE LYMPHATIC ONE]*

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Auscultaţie* = metodă de examinare clinică prin care – direct cu urechea sau cu stetoscopul – se ascultă zgomotele produse în unele organe interne (plămânii, secreţiile din bronhii, inima, comunicările anormale între vase etc.).
- *Bradicardie* = rărirea ritmului cardiac sub 60 de contracţii/minut.
- *Fibrilaţie* = depolarizarea haotică şi dezorganizarea contracţiilor miocardului atrial sau ventricular prin înlocuirea ritmului normal cu foarte numeroase contracţii parcelare anarhice şi vermiculare care nu au eficienţa necesară pentru îndeplinirea funcţiei de pompă. Este datorată formării mai multor focare de excitaţie ectopice (în locuri anormale).
- *Lucru mecanic* = produsul dintre forţa care acţionează asupra unui corp şi mărimea deplasării imprimată acestuia. Se exprimă prin ergi sau prin kilograme-forţă/metru.
- *Poliglobulie* = creşterea numărului de eritrocite peste 6 milioane/µl. Se întâlneşte fiziologic la locuitorii permanenţi din zonele de mare altitudine (în munţii Anzi). Există însă şi poliglobulia - boală putând avea drept consecinţă creşterea tensiunii arteriale şi predispoziţia la formare de trombusuri în vasele sangvine.
- *Sarcolemă* → Cap. 3. §3.1.1. – Structura histologică a muşchiului striat.
- *Tahicardie* = accelerarea ritmului cardiac.
- *Trombus* = cheag de sânge format în interiorul unui vas, adeseori aderent la perete şi care dacă este intraarterial poate obstrua (astupa) artera, producând grave tulburări în teritoriul tributar, prin suprimarea irigaţiei sanguine.

Aparatul cardiovascular (aparatul circulator) este alcătuit din inimă, vasele sanguine (artere, capilare, vene) şi reţeaua de vase şi ganglioni limfatici (tabelul 7.1).

TABELUL 7.1

Componentele aparatului cardiovascular (circulator)

Inima (cordul)	Organ musculos cavitar	„Motorul aparatului circulator"
Arterele	Vase musculoase care conduc sângele de la inimă spre reţeaua de capilare de la periferie	Cu excepţia arterei pulmonare şi a ramurilor ei, toate arterele conţin sânge oxigenat
Capilarele	Reţeaua de vase microscopice de la periferie	La acest nivel au loc schimburile gazoase şi nutritive între sânge şi ţesuturi
Venele	Vase care aduc sângele de la reţeaua de capilare spre inimă	Cu excepţia celor patru vene pulmonare şi a tributarelor lor, toate venele conţin sânge neoxigenat, bogat în CO_2

7.1. INIMA (CORDUL)
[The heart]

Este un organ musculos, cavitar, având o formă aproximativă de pară, culoarea brun-roşiatică, aşezat în cavitatea toracică, între cei doi plămâni, în mediastinul inferior. Orientarea generală a inimii este cu vârful (apex) spre stânga şi în jos, astfel încât este mai mult reprezentată în hemitoracele stâng (cca 2/3) decât în cel drept (1/3). Masa inimii este de 250-300 g, capacitatea de 500-700 cm^3 (volumul inimii a fost comparat cu cel al pumnului drept) (fig. 7.1).

În interior, inima este compartimentată în patru camere:

• În partea postero-superioară se află cele două atrii:

– atriul drept în care se deschid vena cavă superioară, vena cavă inferioară şi sinusul venos coronarian (toate conţin sânge de tip venos);

– atriul stâng în care se deschid cele patru vene pulmonare (două drepte şi două stângi, fiind singurele vene care conţin sânge de tip arterial = oxigenat).

• În partea antero-inferioară se află cele două ventricule, cu peretele musculos mult mai gros şi mai puternic decât al atriilor:

– ventriculul drept din care porneşte trunchiul arterei pulmonare (singura arteră care conţine sânge de tip venos);

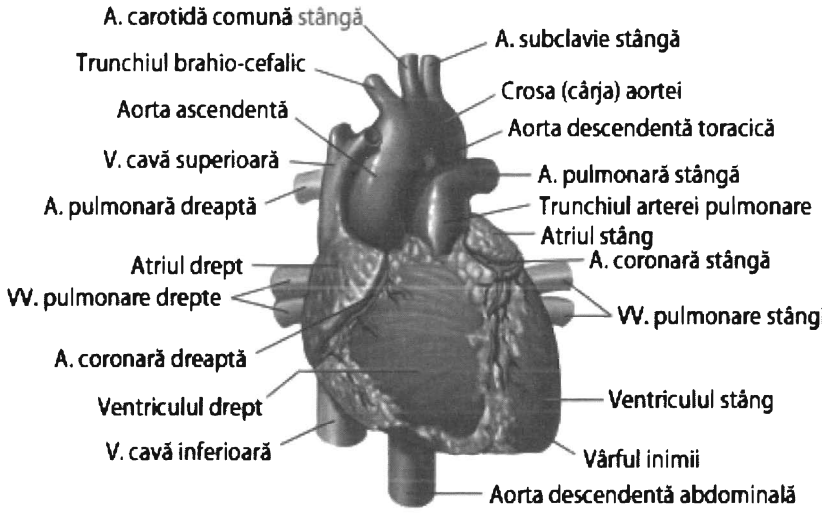


Fig. 7.1 – Aspectul exterior al inimii şi marilor vase.

– ventriculul stâng, cu peretele musculos mai gros decât cel drept din care porneşte artera aortă (din aortă se ramifică succesiv tot arborele arterial din corp) (fig. 7.2).

Subliniem deci că toate vasele care pornesc din inimă poartă numele de *artere* (indiferent de felul sângelui transportat) şi toate vasele care se deschid în inimă se numesc *vene* (indiferent de felul sângelui transportat).

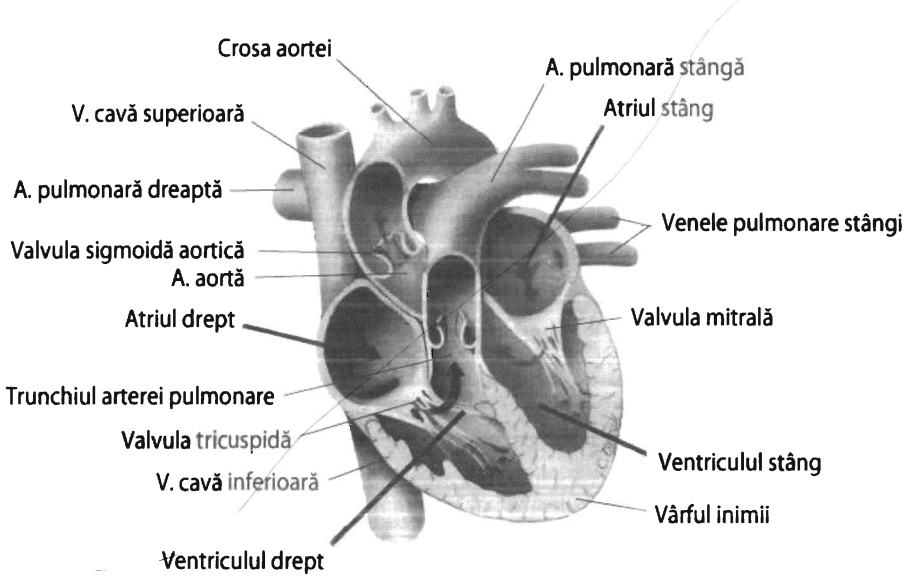


Fig. 7.2 – Cele 4 camere ale inimii cu emergenţa marilor vase.

Între atriul drept şi ventriculul drept se află orificiul atrio-ventricular drept, străjuit de valvula tricuspidă (denumită astfel deoarece este formată din 3 valve) care permite circulaţia sângelui doar în sensul atriu drept → ventricul drept.

Între atriul stâng şi ventriculul stâng se află orificiul atrio-ventricular stâng, străjuit de valvula mitrală (seamănă cu o mitră episcopală şi având două valve, i se mai spune şi valvula bicuspidă). Aceasta permite circulaţia sângelui numai în sensul atriu stâng → ventricul stâng.

Valvele tricuspidei şi mitralei sunt prinse cu cordaje tendinoase de peretele ventricular, astfel încât ele să fie readuse la poziţia deschis imediat ce începe diastola ventriculară. ***Atenţie,*** la cordul normal, cele două atrii sunt complet separate prin septul interatrial şi deci NU comunică între ele. La fel, cele două ventricule sunt complet separate prin septul interventricular şi NU comunică între ele.*

La emergenţa (ieşirea) arterei pulmonare din ventriculul drept, ca şi la emergenţa aortei din ventriculul stâng, există la fiecare dintre ele câte o valvulă sigmoidă (semilunară), alcătuită din 3 valve cu aspect de cuiburi de rândunică. Aceste valvule reprezintă adevărate supape care împiedică refluarea sângelui expulzat din inimă în artere, permiţând numai circulaţia în sens unic ventricul → arteră.

7.1.1. STRUCTURA INIMII *[Layers of the heart]*

Din profunzime către suprafaţă, inima prezintă trei tunici cu alcătuire şi funcţii diferite:

• **Endocardul** este membrana care căptuşeşte cavităţile inimii (endocardul parietal) şi acoperă valvulele (endocardul valvular). Este format dintr-un endoteliu aşezat pe o membrană bazală şi un strat subendotelial subţire, format din ţesut conjunctiv cu fibre de colagen, fibre de reticulină, fibre elastice conţinând celule conjunctive şi terminaţii nervoase senzitive.

• **Miocardul** cuprinde două tipuri de fibre:

~ **Miocardul adult** este cel înzestrat cu proprietăţi contractile, fiind muşchiul propriu-zis al inimii. Iniţial a fost considerat un sinciţiu, adică o masă de citoplasmă (rezultând din fuziunea mai multor celule), cu organi-

* În cursul vieţii intrauterine atriile comunică între ele şi ventriculele la fel. Închiderea orificiilor de comunicare se produce cu puţin înainte sau imediat după naştere. Persistenţa comunicărilor (defect septal atrial sau defect septal ventricular) constituie cazuri de cardiopatii congenitale (din naştere).

tele ei şi cu numeroşi nuclei, dar fără a avea membrane de separare între unităţile contractile. Ulterior s-a constatat prezenţa unei sarcoleme subţiri, ceea ce conferă individualitate fiecărei fibre.

Miocardul atrial este orientat sub formă de fibre circulare, cel ventricular (mult mai gros decât cel atrial, în special la ventriculul stâng) sub formă de fibre oblic spiralate. Miocardul atrial este separat de cel ventricular prin inele fibroase atrio-vetriculare. De pe faţa internă a miocardului ventricular se desprind muşchii papilari, legaţi prin cordaje tendinoase de valvulele atrio-ventriculare tricuspidă şi mitrală, a căror revenire la poziţia „deschis" o asigură la începutul fiecărei diastole ventriculare. Fibrele musculare ale miocardului adult seamănă parţial cu fibrele musculare striate, având miofibrilele prevăzute cu striurile descrise la sistemul muscular.

~ **Ţesutul nodal** (miocardul embrionar) reprezintă sistemul excito-conductor al inimii, cel care asigură autonomia şi automatismul contracţiilor cardiace chiar în absenţa (temporară) a conexiunilor nervoase. În componenţa lui intră următorii centri:

– **nodulul sino-atrial (Keith-Flack)**, situat în peretele atriului drept, lângă orificiul de deschidere a venei cave superioare;

– **nodulul atrioventricular (Aschoff-Tawara)** situat în partea inferioară a septului interatrial;

– **fasciculul His** care porneşte chiar din nodulul atrio-ventricular şi se divide în două ramuri dreaptă şi stângă, fiecare înaintând subendocardic pe faţa corespunzătoare a septului interventricular şi fiind destinată ventriculului de partea respectivă;

– **reţeaua Purkinje** continuă ramurile fasciculului His şi este alcătuită din numeroase celule situate sub endocardul ambilor ventriculi (fig. 7.3).

De notat că celulele sistemului excito-conductor al inimii sunt de fapt tot fibre musculare miocardice, dar de tip embrionar, alungite şi fusiforme, prezentând striaţii ale miofibrilelor, cu mai multă sarcoplasmă şi mai mult glicogen decât fibrele miocardice adulte, având în schimb mai puţine mitocondrii şi mai puţin reticul endoplasmatic.

• **Pericardul,** învelişul inimii este reprezentat prin:

– **pericardul seros**, membrană alcătuită dintr-o foiţă viscerală (epicardul) – mulată pe suprafaţa cordului – şi o foiţă parietală, care au continuitate între ele. În cavitatea pericardică (aproape virtuală) care separă cele două foiţe, există o cantitate foarte mică de lichid. Acesta permite alunecarea foiţelor, una peste alta, în cursul contracţiilor cordului care aduc modificări în volumul şi forma lui;

– **pericardul fibros** este un sac alcătuit din ţesut conjunctiv fibros inextensibil, care îmbracă pericardul seros şi care are rol de protecţie, neintervenind în nici un mod funcţional.

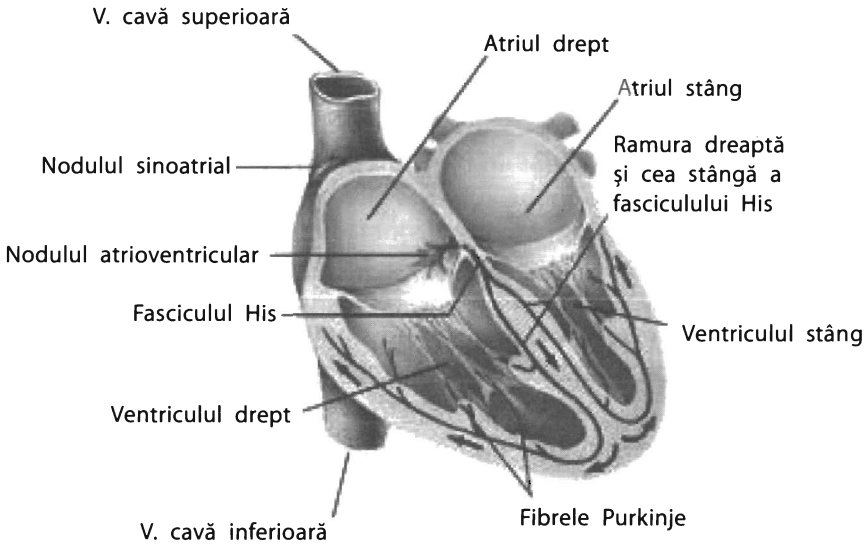


Fig. 7.3 – Sistemul excito-conductor al inimii reprezentat prin ţesutul nodal (în ordinea succesivă: nodulul sino-atrial, nodulul atrio-ventricular, fasciculul His cu cele două ramuri – dreaptă şi stângă, mergând de-a lungul septului interventricular – şi reţeaua de fibre Purkinje).

7.1.2. VASCULARIZAŢIA ŞI INERVAŢIA INIMII *[Vascularization and innervation of the heart]*

Vascularizaţia, bogată şi deosebit de importantă pentru buna funcţionare a inimii, este asigurată de cele două artere coronare (dreaptă şi stângă) provenite din aortă imediat după emergenţa ei din ventriculul stâng (sunt primele două ramuri ale arterei aorte). Ramurile celor două artere coronare NU se anastomozează între ele, astfel încât obstruarea (astuparea prin trombus) a unei asemenea ramuri duce la necroza teritoriului irigat de ea, producând un infarct miocardic. Circulaţia venoasă este reprezentată prin venele coronariene care converg spre sinusul coronarian, venă colectoare cu vărsare în atriul drept.

Inervaţia – cu toată autonomia de contracţie datorată ţesutului nodal din miocard – poate determina modificări ample în desfăşurarea ciclului cardiac. Inervaţia inimii este (ca la majoritatea organelor interne) vegetativă şi antagonistă. Conexiunea simpatică provine din ganglionii simpatici cervicali şi acţionează producând tahicardie, creşterea amplitudinii contracţiilor miocardului şi vasodilataţie coronariană. Conexiunea parasimpatică este asigurată de cei doi nervi vagi (perechea a X-a de nervi cranieni) şi acţionează prin scăderea ritmului cardiac (bradicardie), scăderea amplitudinii con-

tracţiilor cardiace (de fapt ale miocardului) şi vasoconstricţie coronariană. Fibrele nervoase vegetative aferente inimii formează plexul cardiac.

7.1.3. PROPRIETĂŢILE MIOCARDULUI *[Characteristics of myocardium]*

• **Automatismul** sau **funcţia cronotropă** este capacitatea inimii de a se contracta autonom (un timp) fără a primi vreun stimul din exterior. Această proprietate este datorată ţesutului nodal şi constă în a produce ritmic impulsuri, locul de pornire al acestora fiind nodulul sino-atrial (Keith-Flack) care are frecvenţa cea mai mare de descărcări de impulsuri dintre toate componentele sistemului excito-conductor. Ritmul sinusal (produs de nodulul sino-atrial) este la adult de cca 70 de impulsuri pe minut, ceea ce reprezintă ritmul cardiac normal la persoane adulte. De notat că dacă nodulul sino-atrial este scos din funcţie, emiterea de impulsuri ritmice revine nodulului atrio-ventricular (Aschoff-Tawara) care însă nu poate emite decât 40 impulsuri/minut. Dacă şi acesta devine nefuncţional, rolul de generator de ritmuri revine fasciculului His care descarcă impulsuri mult mai rar, de cca 20-25 de ori/minut.

• **Excitabilitatea** sau **funcţia batmotropă** este capacitatea miocardului de a răspunde la stimulii care acţionează asupra lui. Stimulul trebuie să aibă o anumită intensitate (= prag) pentru a provoca un răspuns. Sub intensitatea de prag nu se obţine nici o reacţie. Peste această intensitate, răspunsul este acelaşi ca cel de la valoarea-prag. Se constată că în cazul miocardului este valabilă legea „tot sau nimic". În timpul contracţiei (deci în cursul sistolei) miocardul nu reacţionează la nici un stimul. Se află deci în perioadă refractară, ceea ce evită suprapunerea contracţiilor şi asigură succesiunea normală a timpilor revoluţiei cardiace. Stimulul fiziologic pentru miocard este cel produs de ţesutul nodal. Dar poate acţiona şi un stimul venit din partea sistemului nervos central în special a zonelor corticale cu funcţii psihice. Curentul electric are un puternic efect asupra inimii: la o anumită intensitate a curentului, o electrocutare poate dezorganiza complet activitatea miocardului şi să determine apariţia unei fibrilaţii ventriculare mortale.

• **Tonusul miocardului** sau **funcţia tonotropă** face ca muşchiul cardiac să nu fie o masă flască de ţesut, ci să se menţină într-o stare de semicontractură permanentă care să-l facă apt pentru îndeplinirea solicitărilor de moment şi pentru adaptarea la situaţii care cer schimbări rapide în frecvenţa şi amplitudinea contracţiilor cordului. Tonusul miocardului este scăzut în miocardite, unde inima se dilată în totalitate.

• **Contractilitatea miocardului** sau **funcţia inotropă** este o proprietate fundamentală, datorită căreia cordul îşi poate îndeplini funcţia lui principală: aceea de a pompa ritmic sângele în arborele arterial. Contracţiile miocardului = sistole. Relaxările dintre contracţii cu revenirea la volumul iniţial = diastole. Sursele de energie pentru asigurarea contracţiilor sunt desfacerea legăturilor fosfat macroergice ale acidului adenozintrifosforic care se refac rapid în contul diferitelor substanţe (glucoză, acizi graşi, aminoacizi, acid lactic, corpi cetonici). Foarte important pentru buna desfăşurare a activităţii de contracţie este aportul continuu şi suficient de oxigen. În absenţa acestuia, apar tulburări grave ale contractilităţii miocardului, care pot ajunge până la moarte. Contractilitatea este scăzută în miocardite. De notat că – spre deosebire de musculatura striată – inima NU face datorie de oxigen (ceea ce la musculatura striată explică «febra musculară»).

• **Conductibilitatea** sau **funcţia dromotropă** este posibilitatea de a conduce unda de contracţie – pornită din nodulul sino-atrial – mai întâi prin masa musculară a atriului drept declanşând sistola atrială. Apoi, ajungând la nodulul atrio-ventricular, unda trece mai departe prin fasciculul His, prin cele două ramuri ale sale şi apoi prin reţeaua subendocardică Purkinje până la miocardul ventricular a cărui contracţie o declanşează (adică determină sistola ventriculară).

7.1.4. ACTIVITATEA MECANICĂ („DE POMPĂ") A INIMII *[Pumping action of the heart]*

Activitatea mecanică a inimii are o însemnătate vitală deoarece funcţionând ca o pompă aspiratoare (pentru sângele adus de vene) şi respingătoare (pentru sângele propulsat prin artere), inima asigură irigaţia tuturor organelor şi ţesuturilor din corp. Datorită proprietăţilor miocardului (prezentate mai sus), inima îşi desfăşoară activitatea de pompă în următoarea succesiune:

– sistola (contracţia) atrială. Se contractă concomitent atriul drept şi atriul stâng;

– diastola (relaxarea) atrială. Este simultană pentru ambele atrii;

– sistola (contracţia) ventriculară. Se contractă concomitent ventriculul drept şi cel stâng;

– diastola (relaxarea) ventriculară. Este simultană pentru ambele ventricule;

– diastola generală: toate cavităţile inimii sunt relaxate şi în repaus.

Parcurgerea tuturor acestor momente realizează un *ciclu cardiac* sau *revoluţia cardiacă,* el repetându-se de cca 100.000 de ori în cursul unei zile. La un ritm cardiac (frecvenţă = alură ventriculară) de 70 bătăi/minut, un ciclu cardiac durează 0,8 secunde. Iată modificările prin care trec compartimentele inimii în cursul acestui ciclu, reprezentate grafic în tabelul 7.2.

În timpul fazelor ciclului cardiac [schematizate în tabelul 7.2], se mai petrec următoarele fenomene:

– valvulele atrio-ventriculare (tricuspida şi mitrala) se deschid la începutul sistolei atriale (datorită creşterii presiunii în atriile care se contractă) permiţând expulzarea a 30% din sângele atrial în ventricule. Ele se închid la începutul sistolei ventriculare (datorită creşterii presiunii în ventriculele care se contractă); şi se redeschid la începutul diastolei ventriculare (datorită scăderii presiunii în ventriculele golite de sânge) permiţând scurgerea a încă 70% din sângele atrial în ventricule;

– valvulele sigmoide (semilunare) aortice şi ale a. pulmonare se deschid la începutul sistolei ventriculare datorită presiunii crescute în ventriculele care se contractă. Amândouă se închid la începutul diastolei ventriculare datorită creşterii presiunii în arborele arterial prin masa de sânge expulzată şi scăderii presiunii în ventriculii goliţi de sânge.

TABELUL 7.2

Modificările camerelor inimii în cursul unui ciclu cardiac complet

<table>
<tr><th>Timpul scurs</th><th>0,1 sec</th><th>0,2 sec</th><th>0,3 sec</th><th>0,4 sec</th><th>0,5 sec</th><th>0,6 sec</th><th>0,7 sec</th><th>0,8 sec</th></tr>
<tr><td>Atriile</td><td>Sistola atrială = 0,1 sec</td><td colspan="7">Diastola atrială = 0,7 secunde</td></tr>
<tr><td>Efecte hemodinamice din partea atriilor</td><td>Expulzează în ventricule numai 30% din sângele atrial</td><td colspan="3"></td><td colspan="5">Expulzează în ventricule restul de 70% din sângele atrial prin scurgere pasivă</td></tr>
<tr><td>Ventriculele</td><td>Sunt încă în diastolă</td><td colspan="3">Sistola ventriculară = 0,3 sec</td><td colspan="5">Diastola ventriculară = 0,5 sec (incluzând şi 0,1 sec din timpul sistolei atriale)</td></tr>
<tr><td>Efecte hemodinamice din partea ventriculilor</td><td>–</td><td colspan="3">Fiecare dintre cele două ventricule expulzează câte 70-90 ml sânge în aortă, respectiv în aorta pulmonară</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="5">Diastola generală = 0,4 sec</td></tr>
</table>

„Performanţele" fizice ale inimii:

Frecvenţa contracţiilor («bătăilor») inimii (= alura ventriculară) în medie, la adult = 60-70/minut.

Cantitatea de sânge expulzată printr-o sistolă de către fiecare ventricul reprezintă debitul sistolic (debitul-bătaie) = 70-90 ml la adult.

Cantitatea de sânge expulzată de fiecare ventricul în decurs de un minut = debitul cardiac/minut = debitul sistolic × frecvenţa contracţiilor/minut = 80 × 70 = 5.600 ml la adult.

Numărul de contracţii cardiace/24 ore (fără prestarea de eforturi) = 100.000 la adult.

Cantitatea de sânge expulzată de inimă în 24 de ore (fără prestarea de eforturi) = 8.000 litri la adult.

Travaliul cardiac = lucrul mecanic efectuat de „pompa cardiacă" într-o anumită perioadă de timp. Pentru fiecare sistolă a ventriculului stâng, travaliul (W) este de 86 g/m, iar pentru ventriculul drept este mai mic, circa 1/5 din travaliul ventriculului stâng (= 16 g/m). În decurs de 24 de ore, inima prestează un travaliu de circa 10.000 kg/metru.

7.1.5. ACTIVITATEA ELECTRICĂ A INIMII *[Electric action of the heart]*

Prestaţia miocardului se desfăşoară nu numai pe plan mecanic, ci are asociată şi o bogată activitate electrică (dealtfel ca toate structurile musculare). Complexitatea activităţii electrice rezultă aici din participarea unor componente variate: ţesutul excito-conductor, musculatura atrială, musculatura ventriculară (cu masă mai mare la ventriculul stâng). Activitatea electrică a acestor structuri este însumată în electrocardiogramă (ECG sau EKG), investigaţie nelipsită la orice consultaţie cardiologică. Traseul electrocardiografic reprezintă înscrierea variaţiilor de potenţial ale câmpului electric care ia naştere prin activitatea inimii. Variaţiile acestui câmp electric sunt culese de electrozi poziţionaţi în diferite puncte la suprafaţa corpului, înregistrate cu un galvanometru dotat cu un sistem de amplificare, şi – sub forma unor curbe – reproduse pe ecranul unui monitor sau înscrise pe o foaie de hârtie milimetrică. În funcţie de poziţionarea electrozilor la suprafaţa pielii se realizează derivaţii standard (derivaţia I, a II-a şi a III-a), derivaţii unipolare ale membrelor şi derivaţii precordiale.

Reproducem înregistrarea electrocardiografică a unui ciclu cardiac normal într-o derivaţie standard [→ Fig. 7.4]. În toate derivaţiile: unda P şi segmentul PQ reprezintă atriograma, iar complexul QRS şi unda T reprezintă ventriculograma. Amplitudinea undelor diferă însă în funcţie de derivaţia înregistrată.

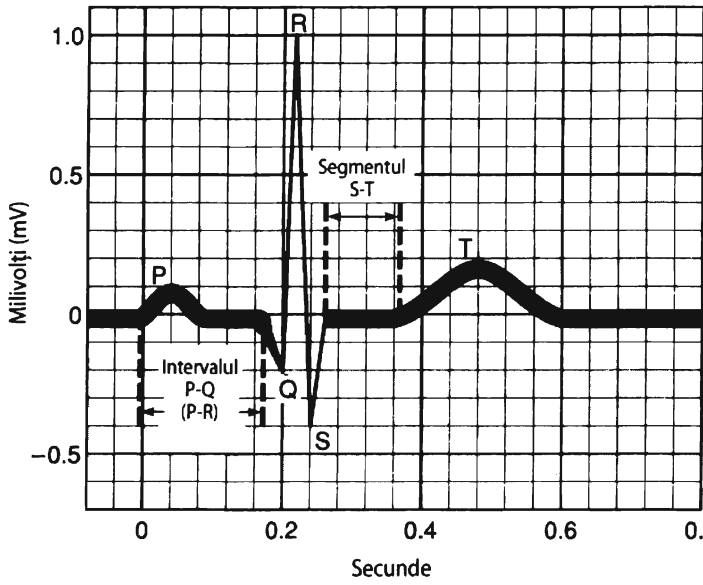


Fig. 7.4 – Electrocardiogramă normală: unda P = depolarizarea arială; complexul QRS = depolarizarea ventriculară; unda T = repolarizarea ventriculară. Urmează diastola electrică, reprezentată prin linia orizontală continuă care este linia izoelectrică.

Unda P este produsă de depolarizarea atriilor.

Segmentul PQ (aflat pe linia izoelectrică) exprimă repolarizarea atrială.

Complexul QRS este produs de depolarizarea ventriculară care are loc succesiv în mai multe zone ale acestuia.

Segmentul ST exprimă depolarizarea ventriculară completă.

Unda T este produsă de repolarizarea ventriculară.

Urmează diastola electrică în care traseul înregistrat apare ca o dreaptă, suprapunându-se pe linia izoelectrică.

7.1.6. ZGOMOTELE INIMII *[Sounds of the heart]*

La auscultaţia inimii se percep în mod normal două zgomote distincte care se succedă ritmic. Zgomotul I este mai intens, mai lung şi cu o tonalitate mai joasă. El este produs de închiderea valvulelor atrio-ventriculare, de deschiderea valvulelor sigmoidiene aortică şi pulmonară şi de sistola ventriculară; pe ECG corespunde pantei descendente a complexului QRS şi începutului undei S. Zgomotul II este mai puţin intens, mai scurt şi cu o tonalitate mai înaltă. El este produs de închiderea valvulelor sigmoidiene (semilunare) ale trunchiului arterei pulmonare şi ale aortei; pe ECG corespunde pantei descendente a undei T.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA CARDIACĂ *[Applications to the heart pathology]*

Tahicardia *[Tachycardia]* este accelerarea ritmului cardiac, ajungând la frecvenţa de peste 100/minut şi chiar mai mult. Apare fiziologic la efort şi în stări emoţionale, iar patologic în caz de febră, în miocardite , în insuficienţa cardiacă, în hipertiroidism, în unele afecţiuni pulmonare. Există tulburări de ritm cardiac patologice, în care tahicardia poate ajunge la peste 200 bătăi/minut (= tahicardia paroxistică).

Bradicardia *[Bradycardia]* este opusul tahicardiei, adică rărirea ritmului cardiac ajungând sub 50 bătăi/minut. Apare fiziologic în timpul somnului şi la sportivii antrenaţi, iar patologic în unele stări de comă, în hipotiroidism, în tulburările de ritm cardiac denumite bloc atrio-ventricular, în intoxicaţia cu medicamente digitalice (glicozizi tonicardiaci).

Insuficienţa cardiacă *[Congestive heart failure]* este incapacitatea inimii de a asigura irigaţia sanguină necesară ţesuturilor şi organelor din corp. Simptomele insuficienţei cardiace globale sunt: tahicardia (inima încearcă să compenseze deficitul circulator printr-un ritm mai rapid), hipertrofia musculaturii ventriculilor (prin activitatea contractilă mai intensă), dispnee (datorită afectării circulaţiei pulmonare), cianoză (datorită stazei circulatorii), edeme la membrele inferioare (prin retenţia de apă şi creşterea presiunii în teritoriul venos), hepatomegalie (prin acumularea de sânge în vasele ficatului), oligurie (prin scăderea debitului sanguin renal), vene jugulare turgescente (umflate, supraumplute).

Infarctul miocardic *[Myocardial infarction]* este o afecţiune gravă datorită obstruării (astupării) unei ramuri din arterele coronariene cu un cheag de sânge format local (trombus arterial). Produce necroza regiunii irigate de acea arteră. Simptomele sunt durerea precordială intensă, prăbuşirea tensiunii arteriale, tulburări de ritm cardiac, fenomene de insuficienţă cardiacă, tulburări respiratorii. Se poate produce ruptura unei zone din peretele cardiac, antrenând moartea fulgerătoare.

7.2. SISTEMUL VASCULAR
[Blood vessels]

În componenţa acestuia intră (respectând sensul circulaţiei sanguine): arterele care – prin ramurile lor – conduc sângele pompat de inimă spre periferie; arteriolele care rezultă din ultimele ramificări ale arterelor şi meta-

arteriolele care se situează în continuarea arteriolelor; reţeaua de vase capilare, totalizând o suprafaţă uriaşă, unde – prin intermediul lichidului interstiţial – se desfăşoară schimburile nutritive şi gazoase cu ţesuturile; venulele – rezultate din confluenţa capilarelor – şi venele – rezultate din unirea venulelor – şi prin care sângele este readus la inimă.

Structura acestor vase este diferită, după cum reiese din secţiunile efectuate la fiecare dintre ele [→Fig. 7.5].

• **Arterele** au peretele format – dinăuntru în afară – din trei tunici: tunica internă (intima), alcătuită dintr-un endoteliu cu celule turtite şi un strat subendotelial, din ţesut conjunctiv cu multe fibre elastice; tunica medie (media), alcătuită din fibre musculare netede circulare şi din lamele elastice concentrice; tunica externă (adventicea) este alcătuită din ţesut conjunctiv de învelire, conţinând (la arterele mari) vase şi nervi proprii (*vasa vasorum* şi *nervi vasorum*). La arterele mari (aorta şi ramurile ei) componenta elastică este cea care domină în structura peretelui (sunt deci artere de tip elastic).

Arterele mici şi arteriolele au peretele mai gros, datorită unui număr mai mare de fibre musculare netede circulare (sunt artere de tip muscular). Aceste particularităţi de structură ale tipurilor de artere corespund necesităţilor funcţionale ale circulaţiei.

Arteriolele se ramifică în metaarteriole, care păstrează încă un strat muscular. Din metaarteriole provin vasele capilare.

• **Vasele capilare** sunt vizibile numai microscopic, având diametrul între 5-20 μ. Peretele lor este format dintr-un endoteliu turtit sprijinit pe o membrană bazală şi o teacă externă foarte subţire, format din ţesut conjunctiv lax şi periteliu. Printre celulele din periteliu există unele stelate având proprietăţi fagocitare şi rol contractil. Pe lângă aceste capilare, în ficat, splină şi unele glande endocrine există capilare de tip special, numite sinusoide. Acestea au un calibru mai mare (11-30 μm), peretele interrupt (ceea ce favorizează schimburile), lumenul neregulat şi nu sunt înzestrate cu periteliu. Peretele capilar are o permeabilitate selectivă, în raport cu funcţiile de schimb cu lichidul interstiţial. Există o dinamică a capilarelor care se pot deschide sau închide, în raport cu activitatea organului de care aparţin. Această dinamică este determinată de tonusul arteriolei şi metaarteriolei din care derivă capilarul precum şi de sfincterul precapilar (la emergenţa capilarului din metaarateriole). Totalitatea suprafeţei de secţiune a întregii reţele de capilare din corp însumează 6.200 m^2. Din acest motiv, circulaţia sângelui prin capilare se desfăşoară extrem de lent (0,7 mm/secundă).

• **Venele** se formează prin confluarea venulelor, vase mici care colectează sângele din capilare. Prin vene, sângele este readus la inimă. În ansamblu, sistemul venos însumează un volum de 3 ori mai mare decât cel arterial. Spre exemplu, în unele zone ale corpului, artera care serveşte un teritoriu

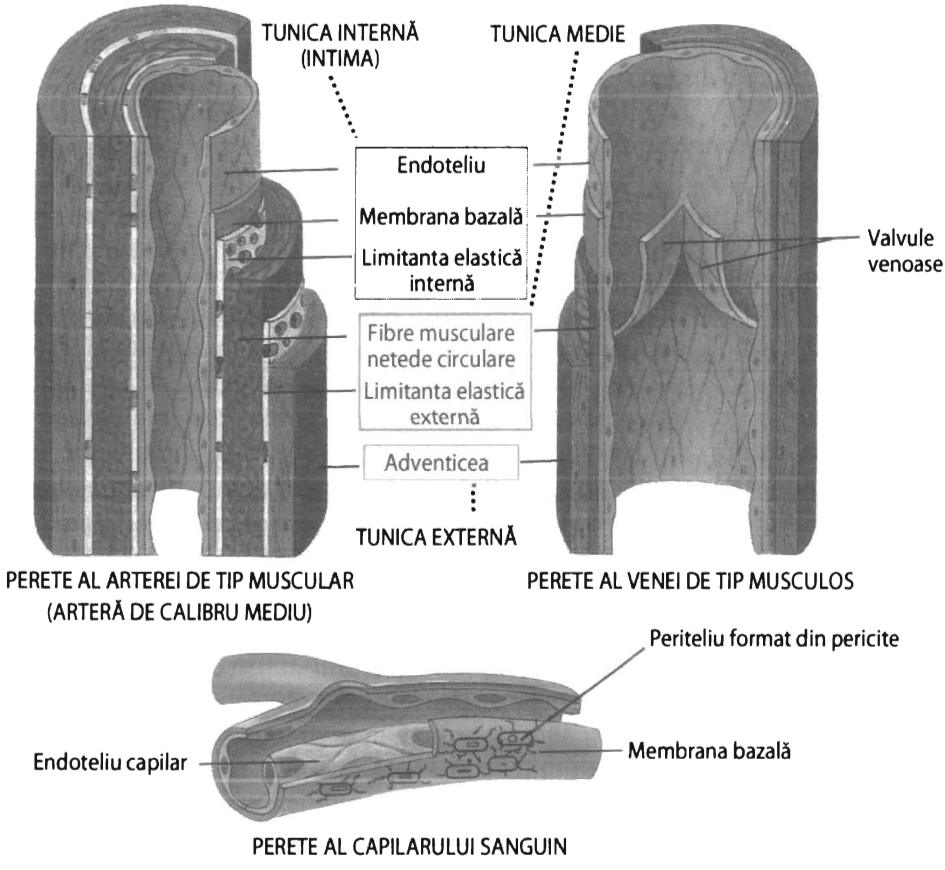


Fig. 7.5 – Structura peretelui arterial, venos şi capilar, privite comparativ.

este însoţită de două vene cu aceeaşi distribuţie. Peretele venelor – mai subţire decât al arterelor – este alcătuit tot din 3 tunici: tunica internă este formată dintr-un endoteliu cu celule turtite şi un strat subţire de ţesut conjunctiv subendotelial, dar trebuie menţionat că venele situate sub nivelul inimii sunt prevăzute cu valvule endoteliale (cu forma de cuiburi de rândunică) care au rolul de a fragmenta coloana de sânge. Venele din zonele declive ale corpului au în tunica medie, alături de ţesutul elastic, o musculatură circulară mai groasă decât venele din teritoriul superior. După cum predomină unul dintre aceste ţesuturi, venele se împart în unele de tip muscular şi altele de tip elastic. Tunica externă este formată din ţesut conjunctiv.

Întreg sistemul vascular este împărţit în două circuite separate, dar care au o strânsă interdependenţă funcţională: *marea circulaţie (circulaţia sistemică)* care asigură aportul sanguin către toate ţesuturile şi organele

şi *mica circulaţie (circulaţia pulmonară)* care asigură oxigenarea sângelui şi evacuarea dioxidului de carbon din organism (fig. 7.6 vezi planşa color).

7.2.1. CIRCULAŢIA SISTEMICĂ (MAREA CIRCULAŢIE) *[Systemic circulation]*

7.2.1.1. SISTEMUL ARTERIAL (CIRCULAŢIA ARTERIALĂ SISTEMICĂ, „ARBORELE ARTERIAL") *[Arterial system]. „Rădăcina" acestui arbore se află în ventriculul stâng de unde provine artera aortă. La emergenţa acesteia din ventricul există valvula sigmoidă (semilunară) care împiedică refluarea sângelui din aortă în ventriculul stâng. Artera aortă, cea mai lungă şi mai masivă arteră din corp, poate fi împărţită în mai multe porţiuni: aorta ascendentă, crosa (cârja) aortică, aorta descendentă toracală, aorta descendentă abdominală. Pe tot acest lung parcurs se desprind ramurile ei cu diferite destinaţii [→ Fig. 7.7 – Sistemul arterial, vezi planşa color]:

• Imediat după ieşirea din ventriculul stâng, deci în porţiunea aortei ascendente, din aceasta se desprind arterele coronare (dreaptă şi stângă) care irigă inima.

• La începutul crosei aortice porneşte din aortă trunchiul arterial brahiocefalic (artera anonimă) care se bifurcă în artera subclaviculară dreaptă şi artera carotidă comună (primitivă) dreaptă.

– Artera subclaviculară dreaptă se continuă direct cu a. axilară dreaptă, apoi asigură irigaţia sanguină a întregului membru superior drept, continuându-se direct cu a. brahială dreaptă. Aceasta se bifurcă în dreptul plicii cotului în a. radială dreaptă şi a. ulnară dreaptă, care merg paralel în lungul antebraţului. La extremitatea acestor două artere, prin anastomozarea lor, se formează cele două arcade palmare (superficială şi profundă), din care se desprind 5 artere digitale care vor iriga zona respectivă.

– Artera carotidă comună (primitivă) dreaptă, se desprinde vertical tot din trunchiul brahiocefalic şi – după un scurt traiect – se bifurcă în a. carotidă externă dreaptă (destinată gâtului, feţei şi structurilor superficiale ale craniului) şi a. carotidă internă dreaptă care pătrunde în cutia craniană, irigând encefalul şi alte componente din această zonă profundă.

• În continuare, din crosa aortică se desprinde artera carotidă comună (primitivă) stângă, care se bifurcă în a. carotidă internă stângă şi a. carotidă externă stângă, având aceleaşi ramificaţii şi distribuţii ca şi arterele carotide omoloage din partea dreaptă.

• Următoarea ramură a aortei, desprinsă tot din crosa aortică, este artera subclaviculară stângă, ce se continuă cu a. axilară stângă şi în continuare traiectul, ramificaţia şi distribuţia sunt aceleaşi ca în partea dreaptă.

Din aorta toracică iau naştere:

• Arterele esofagiene;

• Arterele bronşice dreaptă şi stângă, care asigură circulaţia nutritivă a arborelui bronşic şi a plămânilor;

• Arterele intercostale, 10 perechi, fiecare arteră intercostală înaintând de-a lungul marginii inferioare a unei coaste, începând de la coasta a III-a până la coasta a XII-a inclusiv (primele două perechi de artere intercostale au altă proveniență).

Sub diafragm, porţiunea aortei devine aorta abdominală şi dă naştere – în ordine descendentă – următoarelor ramuri (sunt enumerate cele importante!):

• Trunchiul celiac, foarte scurt (1-2 cm), situat pe faţa anterioară a aortei, din care – prin trifurcare (trepiedul Haller) – iau naştere:

– artera gastrică stângă, destinată micii curburi a stomacului;

– artera hepatică comună care prin ramurile ei asigură irigaţia ficatului, duodenului, unei părţi din stomac şi din pancreas;

– artera splenică, destinată splinei, dar trimiţând şi ramuri pentru corpul şi coada pancreasului.

• Artera mezenterică superioară este următoarea ramură a aortei abdominale; ia naştere pe faţa ei anterioară şi prin ramurile care se desprind irigă capul pancreasului, intestinul subţire, cecul, apendicele, colonul ascendent şi cele 2/3 drepte ale colonului transvers.

• Arterele renale (dreaptă şi stângă) iau naştere pe feţele laterale ale aortei şi irigă cei doi rinichi precum şi glandele suprarenale.

• Arterele testiculare (dreaptă şi stângă) la bărbat şi omoloagele lor, arterele ovariene la femeie se desprind de pe feţele laterale ale aortei şi sunt destinate ureterelor şi unor componente ale aparatului genital.

• Arterea mezenterică inferioară iese de pe faţa anterioară a aortei abdominale şi irigă 1/3 stângă a colonului transvers, colonul descendent şi rectul.

Urmează bifurcarea aortei abdominale în cele două artere iliace comune (dreaptă şi stângă) care, la rândul lor, se bifurcă în:

• Artera iliacă internă (dreaptă şi stângă) cu ramuri pentru organele din micul bazin.

• Artera iliacă externă (dreaptă şi stângă) care – fiind destinată irigării membrului inferior – se prelungeşte cu:

– artera femurală, continuată la rândul ei (fără nici o întrerupere) cu a. poplitee care se ramifică în:

– artera tibială anterioară şi artera tibială posterioară (din care ia naştere şi artera peronieră). Aceste trei artere se distribuie la gambă şi la structurile articulaţiei tibio-tarsiene.

Artera tibială anterioară se continuă cu a. dorsală a piciorului, din care ia naştere a. arcuată a piciorului. Aceasta furnizează ramuri pentru picior şi degetele piciorului.

7.2.1.2. FIZIOLOGIA CIRCULAȚIEI ARTERIALE SISTEMICE. Sângele propulsat prin contracția ventriculară în marile artere nu poate reflua în ventriculi datorită valvulelor sigmoide care se află la emergența arterei aorte din ventriculul stâng și a trunchiului arterei pulmonare din ventriculul drept. Datorită abundenței de țesut elastic în tunica medie a marilor artere, pereții acestora se destind, apoi își revin, transformând expulzarea ritmică a sângelui din ventriculi dintr-un jet într-o curgere continuă spre arteriole și vase capilare. Unda ritmică de propulsare a sângelui se simte foarte bine prin palparea pulsului la marile artere periferice: a. carotidă comună, a. brahială, a. radială (cel mai frecvent utilizată în practica medicală), a. femurală etc. Rezultatul numărării pulsului este egal – exceptând cazurile de aritmie – cu numărul de contracții cardiace, adică la un adult 60-70/minut.

Presiunea creată de năvălirea undei sanguine în teritoriul arterial are valoarea cea mai ridicată și se numește tensiune arterială maximă (sau sistolică, deoarece corespunde sistolei ventriculare). În momentul diastolei ventriculare, presiunea intraarterială atinge cea mai mică valoare și se numește tensiune arterială minimă (sau diastolică). Întotdeauna tensiunea arterială (TA) se exprimă în mmHg, sub forma unei fracții, cea sistolică supra cea diastolică (***Atenție***, unele aparate de tensiune o exprimă în kilopascali = kPa). La producerea tensiunii arteriale concură mai mulți factori: forța de contracție a miocardului; rezistența opusă de vasele periferice, în special de rețeaua de arteriole (acestea au proprietatea de a-și mări calibrul prin vasodilatație sau de a și-l micșora prin vasoconstricție; în primul caz, rezistența vasculară periferică scade și odată cu ea și tensiunea arterială; în al doilea caz rezistența crește, deci și TA); cantitatea de sânge expulzată din ventriculul stâng prin aortă la fiecare sistolă acționează în sensul creșterii TA dacă volumul-bătaie este mare și – invers – în sensul scăderii TA dacă acest volum este mic; elasticitatea pereților arteriali (una din proprietățile importante ale arterelor) are și ea un rol, deoarece pierderea parțială a elasticității, odată cu vârsta (prin procesul de arterioscleroză și ateromatoză arterială), duce la creșterea TA; vâscozitatea crescută a sângelui (caz întâlnit în poliglobulie) determină creșterea TA, iar diminuarea vâscozității (situație produsă în anemia acută posthemoragică) antrenează scăderea acesteia.

Valoarea normală medie la adult în repaus a TA = 130/80 mmHg. Ea se măsoară cu tensiometrul dotat cu manșetă gonflabilă și manometru, ascultând – cu stetoscopul fixat asupra locului arterei de sub manșeta decomprimată progresiv – primele bătăi (care indică presiunea sistolică) și apoi urmărind momentul în care bătăile descresc brusc ca intensitate sau dispar complet dintr-o dată (ceea ce indică presiunea diastolică). De obicei, manșeta gonflabilă se înfășoară în jurul brațului, iar stetoscopul se lipește de plica cotului întins, urmărind zgomotele din artera brahială la bifurcația ei. Mai modern, TA se determină cu tensiometrul electronic fixat la extremitatea

distală a antebraţului. Acest tip de tensiometru afişează rezultatele la o mică fereastră (deci nu mai necesită stetoscop) şi, în plus, afişează şi frecvenţa bătăilor cardiace.

Trebuie precizat că tensiunea arterială scade pe măsură ce unda sanguină ajunge în vase de calibru tot mai mic, deoarece suprafaţa totală de secţiune a vaselor creşte progresiv şi calibrul lor scăzând (cu cât este o ramificaţie mai secundară), intervine o frecare tot mai puternică a masei sanguine de pereţii vasculari. Aceşti factori determină şi scăderea vitezei de circulaţie a sângelui: în timp ce în aortă este de 0,5 m/sec., în arteriole scade la 0,5 mm/sec., iar presiunea sanguină arteriolară ajunge la numai 35-40 mmHg şi continuă să scadă spre vasele mai mici. Tensiunea arterială este influenţată de către o serie de factori: de către volumul total al sângelui circulant (TA scade în hemoragiile importante şi în stările de deshidratare); de vâscozitatea sanguină (TA creşte în poliglobulie); de vârstă (arterele îşi pierd elasticitatea odată cu înaintarea în vârstă şi TA creşte); de activitatea unor glande endocrine (TA creşte în hipertiroidism şi în hipercorticism), de secreţia de renină a rinichilor (în unele afecţiuni renale hipersecreţia de renină determină hipertensiune arterială), de către stările emoţionale (hipertensiune arterială condiţionată psihic) etc.

7.2.1.3. PARTICULARITĂŢILE FIZIOLOGICE ALE REŢELEI CAPILARE *[Capillaries].* În teritoriul capilar există diferenţe ale densităţii reţelei în funcţie de activitatea metabolică a diferitelor organe precum şi fluctuaţii ale irigaţiei capilare în funcţie de starea de activitate sau de repaus a zonei respective. Au loc deschideri sau închideri ale unor mănunchiuri de capilare, produse de modificările de tonus ale arteriolelor şi metaarteriolelor şi de comportarea sfincterelor precapilare (situate la limita dintre metaarteriole şi capilare). Poziţia de „închis" sau „deschis" a acestor sfincţere este determinată de inactivitatea, respectiv activitatea zonei beneficiare de irigaţie.

Rolul cel mai important care îi revine reţelei de capilare este acela al schimburilor cu ţesuturile, schimburi care se fac prin intermediul lichidului interstiţial şi sunt favorizate de suprafaţa uriaşă de schimb, de grosimea minimă şi permeabilitatea pereţilor capilari şi de deplasarea lentă a masei sanguine prin capilare. La acest nivel se desfăşoară:

– schimburile gazoase, care au loc prin difuziune, în direcţia descrescândă a gradientului de presiune: oxigenul, cu o presiune parţială mai mare în sângele capilar, trece de la acesta în celule iar dioxidul de carbon, cu o presiune parţială mai mare în celule, trece din acestea în sângele capilar (etapa tisulară a schimburilor gazoase [→ Cap. 6, § 6.5.2 – Schimburile gazoase];

– aportul de apă decurge prin filtrare şi pinocitoză, fiind condiţionat de presiunea lichidelor în capilare, în lichidul interstiţial şi în celule;

– aportul substanţelor nutritive, în forma lor degradată la nivelul moleculelor componente: aminoacizii ca unităţi de bază ale proteinelor, acizii graşi şi glicerolul din alcătuirea grăsimilor neutre, glucoza drept principal monozaharid, elemente minerale sub formă de săruri;

– deversarea produselor de deşeu ale catabolismului celular în sângele capilar: uree, acid uric, creatinină (ca produse azotate rezultate din degradarea proteinelor), acidul lactic.

7.2.1.4. CIRCULAŢIA VENOASĂ SISTEMICĂ *[Venous system].* Venele rezultă din unirea mai multor venule şi conduc sângele în sens opus arterelor, de la periferie la inimă, de la vase subţiri către diametre progresiv mai largi. Cele două mari vene din marea circulaţie, cărora le sunt tributare (ca nişte „afluenţi") venele din teritoriu sunt *vena cavă superioară* (care colectează sângele de la extremitatea cefalică, aproximativ din jumătatea superioară a trunchiului şi din membrele superioare) şi *vena cavă inferioară* (care adună sângele aproximativ din jumătatea inferioară a trunchiului şi din membrele inferioare) (fig. 7.8).

• Venele tributare – din a căror confluenţă rezultă în final v. cavă superioară – sunt (în ordinea sensului parcurs de curentul sanguin, deci de la venele mici spre cele mai mari) următoarele:

– Sinusurile venoase endocraniene cu deschidere în venele craniene (care drenează sângele din cutia craniană) şi vena jugulară externă (care drenează sânge din unele zone ale feţei) se deschid în vena jugulară internă (dreaptă şi stângă) care astfel asigură drenajul venos al celei mai mari părţi a craniului şi a gâtului.

– Vena subclaviculară (dreaptă şi stângă) colectează sângele venos din membrul superior corespunzător, unde venele profunde urmează traiectul arterelor din teritoriu şi primesc denumirea lor. Există – în plus – şi o reţea superficială venoasă a membrului superior, vizibilă mai ales în plica cotului (de unde se face de regulă recoltarea de sânge pentru laborator): din această categorie menţionăm vena cefalică şi vena bazilică, ambele deschizându-se în vena axilară care se continuă, fără nici o întrerupere, cu vena subclaviculară.

Din unirea venei jugulare interne cu vena subclaviculară rezultă (atât în dreapta, cât şi în stânga) vena brahiocefalică (= vena anonimă). ***Atenţie***, se va remarca deosebirea faţă de sistemul arterial, unde există artera brahiocefalică (= trunchiul brahiocefalic arterial = a. nenumită) numai în dreapta (în stânga a. carotidă comună şi a. subclaviculară se desprind separat din crosa aortei!).

În vena cavă superioară se mai deschide şi vena azigos care culege sângele din unele vene intercostale şi are ca tributară vena hemiazigos care primeşte sânge de la celelalte vene intercostale.

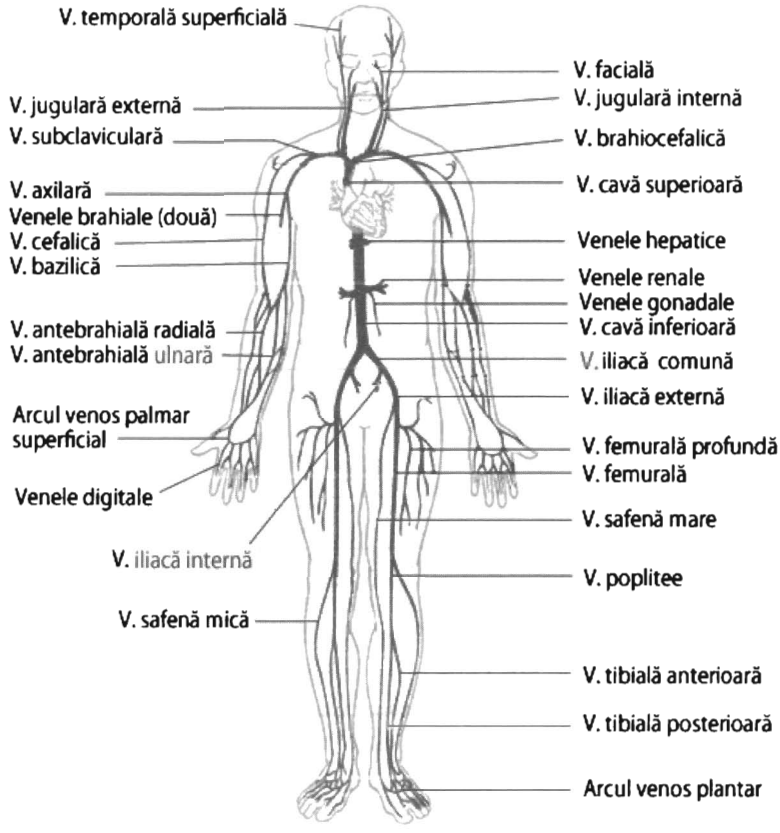


Fig. 7.8 – Sistemul venos. La antebraţ sunt figurate numai venele superficiale. Pentru sistemul venos port → Fig. 7.9 – Vena portă şi tributarele ei.

• Venele tributare din a căror confluenţă rezultă – în final – vena cavă inferioară sunt (în ordinea sensului parcurs de curentul sanguin):

– Toate venele membrelor inferioare, care însoţesc arterele corespunzătoare şi care ajung în vena femurală. Aceasta se continuă fără întrerupere cu vena iliacă externă (dreaptă şi stângă). Există şi o circulaţie superficială a membrului inferior, reprezentată prin vena safenă internă care se deschide în vena femurală.

– Venele organelor din micul bazin (vezica) şi ale organelor genitale externe se varsă în vena iliacă internă.

– Vena iliacă externă şi vena iliacă internă prin confluenţa lor dau naştere venei iliace comune (dreaptă şi stângă). Cele două vene iliace comune se unesc, rezultând vena cavă inferioară.

În traiectul ei ascendent spre atriul drept, vena cavă inferioară primeşte următoarele vene tributare:

– venele testiculare (la bărbaţi) sau venele ovariene (la femei);
– venele renale (dreaptă şi stângă), însoţind arterele renale;
– venele hepatice (2-3);
– venele lombare II şi III.

O menţiune specială trebuie făcută pentru *sistemul port hepatic* (circulaţia venoasă portă hepatică). Un sistem port înseamnă o dublă capilarizare între două teritorii venoase. În cazul circulaţiei venoase porte hepatice sunt implicate următoarele vene:

– vena mezenterică inferioară ce colectează sângele din 1/3 stângă a colonului transvers, din colonul descendent şi din rect (prin v. hemoroidală superioară);
– vena splenică ce aduce sânge de la splină;
– vena mezenterică superioară ce colectează sânge de la mica curbură a stomacului, duoden, jejun, ileon, cec, colon ascendent, cele 2/3 drepte ale colonului transvers.

Prin unirea venei mezenterice inferioare cu v. splenică, apoi cu v. mezenterică superioară rezultă v. portă, un trunchi venos scurt şi de calibru mare care – după ce pătrunde în ficat – se ramifică rapid ajungând până la capilare sinusoide. Acestea confluează drenând sângele în venele (de fapt venulele) centrolobulare care prin unirea lor succesivă duc la formarea celor 2-3 vene hepatice cu deschidere în v. cavă inferioară [→ Cap. 9, §9.2.2.2 – Vascularizaţia nutritivă şi funcţională şi inervaţia ficatului].

7.2.1.5. FIZIOLOGIA ÎNTOARCERII VENOASE SISTEMICE. Din reţeaua capilară sângele este recoltat în numeroase venule care îl transportă mai departe spre vene din ce în ce mai mari, până la cele două vene cave (superioară şi inferioară) care îl readuc în atriul drept. Circulaţia venoasă este mai lentă (în venele mari 10 cm/sec faţă de 50 cm/sec în arterele mari). Trebuie remarcat că, pe întreg teritoriul venei cave inferioare şi al ramurilor ei, circulaţia se desfăşoară antigravitaţional. Întoarcerea venoasă este totuşi posibilă, deoarece: în timpul inspiraţiei există o aspiraţie intratoracică favorizând atragerea sângelui spre inimă; tot în inspiraţie, prin coborârea diafragmului se exercită o presiune asupra organelor şi venelor abdominale; contracţiile ventriculare exercită o tracţiune asupra planşeului atrio-ventricular, creând o presiune de aspiraţie în atrii; presiunea sângelui din capilare împinge sângele din venule spre vene din ce în ce mai mari; pulsaţiile arterelor comprimă ritmic venele din vecinătate ajutând la deplasarea conţinutului lor; contracţia musculaturii scheletice a membrelor comprimă venele favorizând întoarcerea venoasă; prezenţa valvulelor endoteliale împiedică sângele să revină în contrasens.

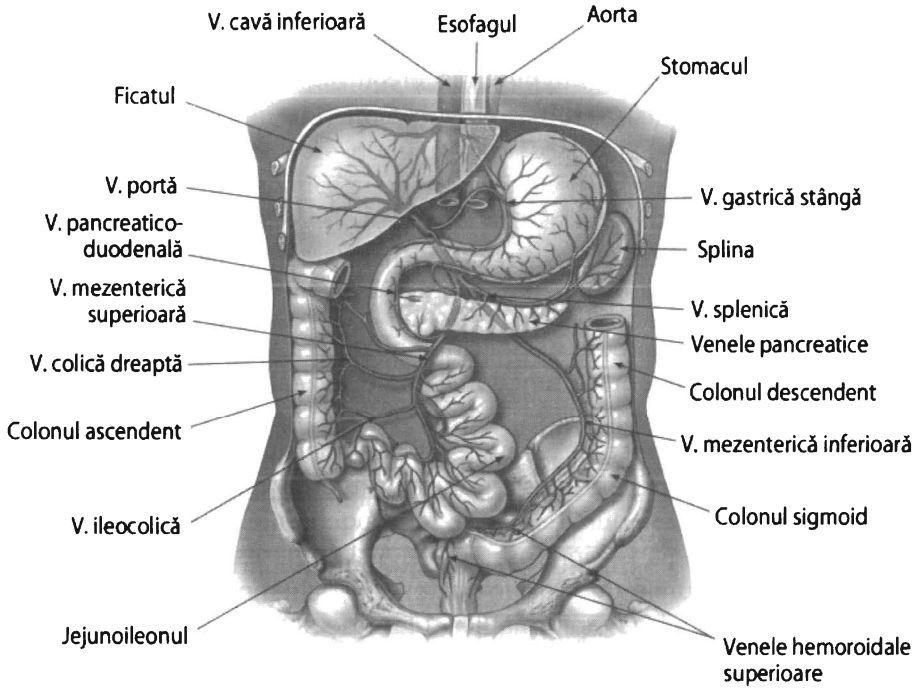


Fig. 7.9 – Vena portă şi tributarele ei (teritoriul sistemului port).

7.2.2. CIRCULAŢIA PULMONARĂ (MICA CIRCULAŢIE) *[Pulmonary circulation]*

Are un rol vital, prin ea asigurându-se procesul de oxigenare neîntreruptă a sângelui şi de evacuare a dioxidului de carbon produs de catabolismul celular. Mica şi marea circulaţie sunt cuplate în serie, iar între ele NU există altă comunicare. Mica circulaţie începe din ventriculul drept, de unde iese trunchiul arterei pulmonare, încărcat cu sânge venos şi care se ramifică succesiv în cele două artere pulmonare (dreaptă şi stângă), apoi în ramuri din ce în ce mai mici până se ajunge la arteriole. Reamintim că este singurul teritoriu arterial din corp unde sângele este de tip venos (neoxigenat). Din ramificarea arteriolelor pulmonare rezultă numeroasele capilare perialveolare, unde au loc schimburile gazoase între aerul alveolar şi sângele capilar din această zonă. Ulterior se formează venule, apoi prin confluare vene din ce în ce mai mari şi – în final – cele 4 vene pulmonare (două drepte şi două stângi) care se deschid în atriul stâng. Reamintim că este singurul teritoriu venos din corp unde sângele este de tip arterial (oxigenat).

Circulaţia pulmonară este supusă la unele influenţe: în inspiraţie capacitatea vasculară a teritoriului pulmonar creşte, iar sistemul vegetativ simpatic – bogat reprezentat – are un puternic efect vasoconstrictor.

7.3. REGLAREA ACTIVITĂŢII CARDIOVASCULARE *[Coordination of the cardiovascular activity]*

Din cauza marii varietăţi de solicitări, aparatul cardiovascular este într-o continuă nevoie de adaptare funcţională care se realizează prin mecanisme sinergice nervoase şi umorale.

• **Reglarea nervoasă** se efectuează prin mecanisme de feed-back cu stimuli porniţi de la receptori specializaţi, situaţi în interiorul inimii şi al vaselor sanguine, în aşa-numitele zone reflexogene. Cele mai importante se află în sinusul carotidian şi în crosa aortei. Aici se găsesc baroreceptori care înregistrează variaţiunile de tensiune arterială şi chemoreceptori sensibili la conţinutul sângelui în CO_2. Informaţiile culese de aceşti receptori sunt transmise pe următoarele căi aferente vegetative:

– pe cale parasimpatică: prin fibre senzitive ale nervilor vagi (X) şi glosofaringieni (IX) spre centrul bulbopontin cardioinhibitor şi cel vasodilatator. Aceşti doi centri alăturaţi au un efect depresor, producând rărirea ritmului cardiac şi scăderea treptată a tensiunii arteriale (efect de feed-back negativ);

– pe cale simpatică: prin fibre care au originea în ganglionii spinali cervico-toracali (de pe rădăcina posterioară a nervilor spinali) ajung la centrii medulari cardioacceleratori şi vasopresori. Aceştia acţionează prin creşterea frecvenţei cardiace şi a tensiunii arteriale, având deci efect presor.

Un rol secundar în modificările activităţii cardiovasculare revine şi unor zone nespecializate din piele, mucoase, muşchi, viscere abdominale.

Sediul principal al centrilor coordonatori pentru aparatul cardiovascular se află în formaţiunea reticulată bulbo-pontină şi anume centrii cardiomotori şi centrii vasomotori care sunt în strânsă vecinătate. Zonele laterale trimit impulsuri cu efect de tip simpatic (tahicardie şi vasoconstricţie), în timp ce zona mediană exercită o acţiune de tip parasimpatic (bradicardie şi vasodilataţie).

Alte formaţiuni cu influenţă asupra activităţii cardiovasculare sunt: hipotalamusul (care dirijează modificări adaptative în funcţie de temperatură sau de unele acte comportamentale: apărare, alimentaţie, activitate sexuală), sistemul limbic (de unde pleacă reacţii emoţionale: mânia, frica, anxietatea), scoarţa cerebrală (realizând integrarea fină cardiovasculară în contextul unor modificări adaptative).

Căile eferente vegetative prin care centrii cardiomotori şi vasomotori îşi exercită comanda sunt:

– pentru acţiunea parasimpatică: fibrele preganglionare ale nervului vag (X) fac sinapsă cu neuroni situaţi în miocardul atrial, de unde pleacă fibre postganglionare scurte spre nodulul sino-atrial şi cel atrio-ventricular. Efectele stimulării parasimpatice sunt bradicardia şi scăderea tensiunii arteriale;

– pentru acţiunea simpatică: nervii cardiaci formează plexul cardiac de unde pleacă fibre la ţesutul nodal şi la miocard, iar fibrele vasomotorii formează plexuri periarteriale. Efectele stimulării simpaticului sunt tahicardia şi vasoconstricţia cu creşterea tensiunii arteriale. Trebuie însă menţionate excepţiile unor vase care sub acţiunea simpaticului intră în vasodilataţie: sunt arterele coronare şi arterele cerebrale.

• **Reglarea umorală a activităţii cardiovasculare** se desfăşoară sub acţiunea mai multor hormoni şi mediatori chimici:

– Cu efecte simpaticomimetice: noradrenalina, secretată de medulosuprarenală, produce vasoconstricţie, determinând creşterea tensiunii arteriale; adrenalina, hormonul înrudit, produce tahicardie şi creşterea travaliului cardiac.

– Cu efecte vasoconstrictoare asupra arteriolelor: hormonul antidiuretic (vasopresina) secretat de hipotalamusul anterior, apoi stocat în lobul posterior al hipofizei de unde este eliberat prin mecanism de feed-back.

– Cu efect arteriolodilatator şi bradicardizant: acetilcolina, mediatorul chimic al fibrelor parasimpatice (colinergice) care inervează cordul (prin nervul vag) şi arterele.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA VASCULARĂ *[Applications to the blood vessels pathology]*

Arterioscleroza *[Arteriosclerosis]* (a se deosebi de ateroscleroză, cu care se asociază însă adeseori) apare la persoanele înaintate în vârstă, unde fibrele elastice din tunica medie se reduc în favoarea unor fibre conjunctive. Din acest motiv, arterele devin mai dure şi – drept consecinţă – tensiunea arterială creşte. La persoanele foarte grase, în pereţii arteriali apar plăci de aterom (bogate în grăsimi şi impregnate cu săruri de calciu) care produc şi ele tulburări circulatorii.

Arteritele *[Arteritis – arteritides]* sunt afecţiuni care – prin modificări ale peretelui arterial – duc la obstruarea (astuparea lumenului) cu urmări grave pentru teritoriul irigat. Cea mai frecventă este arterita diabetică a membrelor inferioare, unde tulburarea de irigaţie sanguină poate fi atât de severă încât să producă gangrenă la picior, uneori necesitând amputare. De notat că fumatul are un rol important în favorizarea apariţiei arteritelor.

Hipertensiunea arterială (HTA) *[Hypertension; high blood pressure]* este creşterea presiunii arteriale peste 140/90 mmHg. Poate fi fără o cauză bine determinată, apărând mai ales odată cu înaintarea în vârstă (este **hipertensiunea arterială esenţială sau idiopatică**) sau poate fi **HTA secundară** în cadrul bolilor renale glomerulare (glomerulonefrite), hipertiroidismului, insuficienţei aortice, excesului de secreţie a hormonilor corticosuprarenalieni (sindromul Cushing). Produce dureri de cap (cefalee), ameţeli, imagini de "muşte zburătoare" prin faţa ochilor (chiar dacă sunt închişi), uneori sângerare nazală (= epistaxis). HTA severă (malignă) se poate complica cu un accident vascular cerebral sau cu insuficienţă cardiacă.

7.4. SISTEMUL LIMFATIC
[The lymphatic system]

Din sistemul limfatic fac parte: ganglionii limfatici, splina (pulpa albă), amigdalele palatine şi amigdala faringiană, foliculii limfatici şi plăcile Peyer din intestinul subţire, vasele limfatice mari (canalul toracic şi canalul limfatic drept) şi reţeaua de capilare limfatice.

7.4.1. GANGLIONII LIMFATICI *[Lymph nodes]*

Sunt formaţiuni mici, de formă ovalară, apărând cel mai adesea grupaţi pe traiectul vaselor limfatice. Principalele grupe superficiale (palpabile bilateral) de ganglioni limfatici sunt ganglionii laterocervicali, cei subangulomandibulari, axilari şi inghinali. Grupe importante de ganglioni limfatici profunzi (nepalpabili): în torace ganglionii mediastinali şi traheobronşici; în abdomen ganglionii mezenterici, ganglionii din hilul hepatic, ganglionii iliaci.

În structura unui ganglion limfatic se deosebesc de la exterior spre interior (fig. 7.10):

- Capsula din ţesut conjunctiv fibros care formează învelişul ganglionului; ea este străpunsă de mai multe vase aferente limfatice, care aduc fluxul de limfă.
- Corticala alcătuită din mici noduli (foliculi limfatici), care sunt despărţiţi între ei de trabecule conjunctive plecate de pe faţa internă a capsulei.
- Zona medulară, unde există cordoane celulare ramificate şi anastomozate, între care se află sinusurile limfatice. Un sinus limfatic este un canal

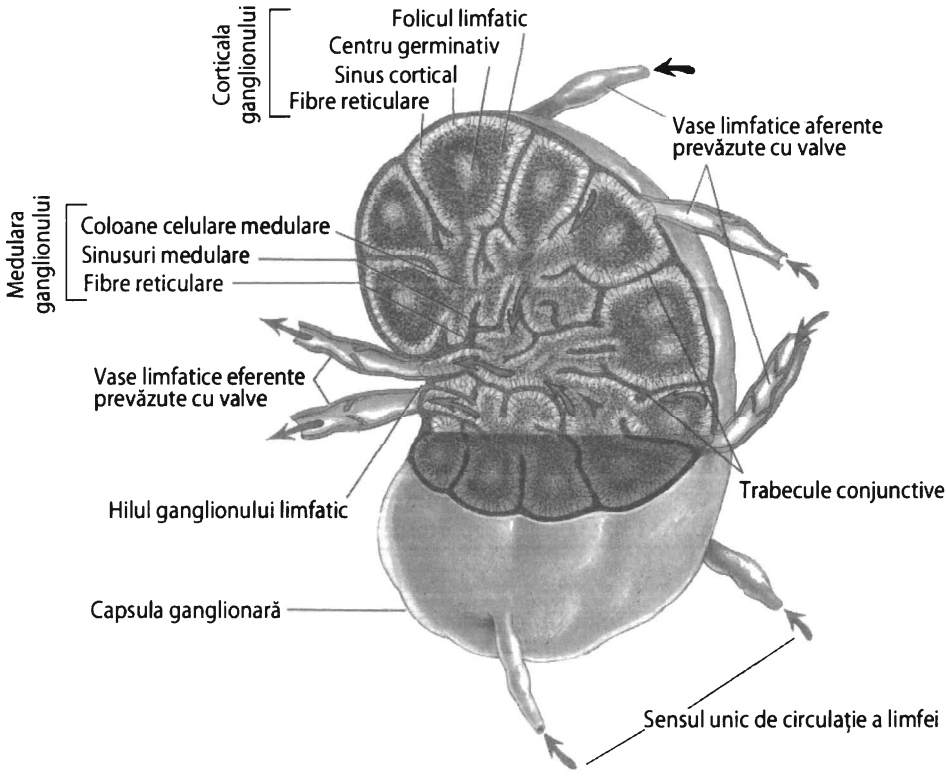


Fig. 7.10 – Structura ganglionului limfatic.

din interiorul ganglionului căptuşit cu celule endoteliale şi cu celule reticulare. Prin hilul ganglionului iese vasul limfatic eferent care va conduce limfa mai departe, către următoarea formaţiune limfoidă. Tot prin hil pătrunde arteriola şi iese venula care asigură circulaţia sanguină în ganglion.

7.4.2. SPLINA *[Spleen; lien]*

Este un organ de origine mezenchimală, situat în cavitatea abdominală superioară, în hipocondrul stâng imediat sub diafragm, fiind adăpostită de grilajul costal din partea laterală stângă. Are un diametru longitudinal în medie de 12 cm. Majoritatea autorilor o încadrează în sistemul limfatic, dată fiind existenţa pulpei albe foarte bogată în producţia de limfocite (fig. 7.11).

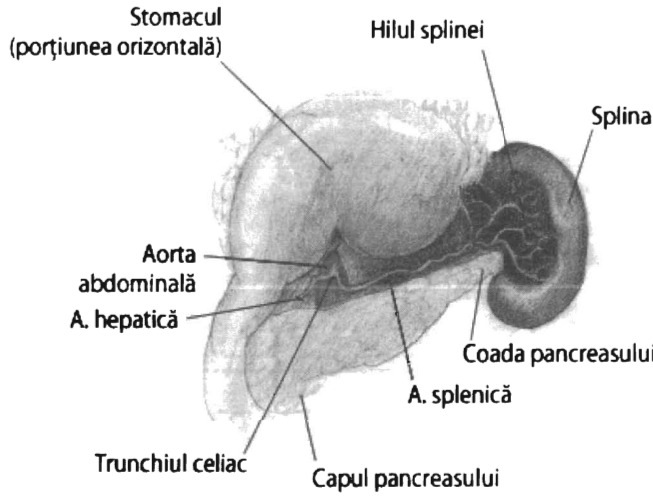


Fig. 7.11 – Splina şi raporturile ei topografice.

• **Structura splinei** prezintă la exterior o capsulă fibroasă; în interior, se deosebesc două componente distincte: *pulpa roşie* – formată din cordoane conţinând numeroase eritrocite şi brăzdată de capilare sinusoide – şi *pulpa albă* formată din cordoane de limfocite care înconjoară ramificaţiile arteriale din splină. În pulpa albă se mai observă foliculi limfatici – bogaţi în limfocite tip B – şi teci perivasculare bogate în limfocite T.

• **Vascularizaţia splinei** este asigurată de artera splenică, ramură din trunchiul celiac (care este prima ramură a aortei abdominale). Centrii germinativi ai splinei sunt irigaţi de arteriole penicilate. Vena splenică, colectând sângele venos din organ, ajunge tributară (după confluenţa cu vena mezenterică inferioară, apoi cu vena mezenterică superioară) a venei porte care transportă tot acest sânge venos spre ficat (fig. 7.12).

• **Funcţiile splinei** sunt multiple:

– organ de depozit: rezervor de eritrocite (aproape 1/3 din numărul total aflat în circulaţie!), temporar oprite din circulaţie. Acestea sunt mobilizate în caz de efort fizic, durere sau în perioada postprandială, producând creşterea temporară a hematiilor în sânge;

– distrugerea eritrocitelor îmbătrânite (care au împlinit 120 de zile de existenţă). Menţine astfel echilibrul între formarea de hematii (eritropoieza) şi distrugerea lor (hemoliza). Este o hemoliză fiziologică, urmată de recuperarea hemoglobinei eliberate, care în scurt timp este scindată în hem şi globină. Urmează recuperarea fierului din hem, care va fi degradat în bilirubină indirectă (neconjugată). Aceasta va circula prin plasmă (cca 1 mg/dl, legată de o proteină plasmatică), urmând a fi preluată de ficat, desprinsă de mo-

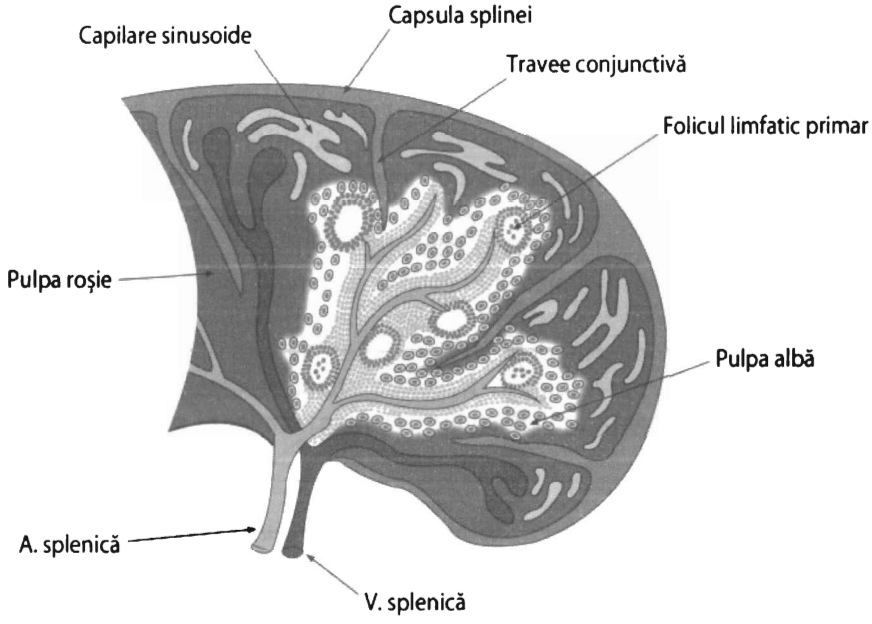


Fig. 7.12 – Structura histologică a splinei (schematic).

lecula de proteină, conjugată cu acidul glicuronic, transformată în bilirubină directă şi eliminată ca atare prin bilă;

– distrugerea trombocitelor îmbătrânite (peste 7 zile de viaţă);

– organ limfoid prin vasele limfatice aferente (NU are limfatice eferente!) şi producerea de limfocite în foliculii din pulpa albă (splina poate stoca temporar până la 1/4 din totalul limfocitelor);

– organ cu rol în apărarea antiinfecţioasă prin bogăţia în monocite şi macrofage şi prin producerea de opsonine şi properdină [→ Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR];

– organ cu rol în imunitatea specifică mediată umoral [→ Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR] prin producţia de anticorpi de către limfocitele B şi în imunitatea specifică mediată celular prin limfocitele T, prezente în pulpa albă;

– organ cu apartenenţă la sistemul reticulo-endotelial, exercitând o filtrare mecanică a sângelui de substanţe străine;

– în viaţa intrauterină şi în anumite boli (în anemiile hemolitice cronice), în splină apar focare de eritropoieză (producere de hematii normale), expresie a reacţiei organismului pentru a compensa scăderea considerabilă a eritrocitelor circulante.

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA SPLINEI *[Application to the lienal pathology]*

Splenomegalia *[Splenomegaly]* este mărirea de volum a splinei care se poate constata cu uşurinţă la examenul clinic al abdomenului. Ţinând seamă de numărul de funcţii al splinei şi de apartenenţa acestor funcţii la diferite domenii, este explicabil faptul că splenomegalia apare în cursul a numeroase afecţiuni: boli infecţioase (septicemie, febră tifoidă, endocardită lentă); boli ale sângelui (leucemii, limfoame maligne, anemii hemolitice); tulburări de metabolism (tezaurismoze = acumulare, în cantităţi foarte mari, de lipide sau alte substanţe în organe de depozit); boli ale ficatului, de care este legată prin sistemul venos port (ciroza hepatică, tumori hepatice). În prezent, dimensiunile la care poate ajunge splina pot fi determinate cu exactitate prin echografia abdominală.

7.4.3. VASELE LIMFATICE *[Lymphatic vessels]*

Sunt constituite într-o reţea separată care începe prin capilare închise la un capăt, apoi, prin confluare, acestea formează vase din ce în ce mai mari până la două colectoare limfatice principale: canalul toracic şi canalul limfatic drept. Circulaţia limfatică reprezintă o cale de reintrare a unor părţi din lichidele interstiţiale în sistemul venos (fig. 7.15).

Ca structură, capilarele limfatice, terminate în „fund de sac" în spaţiile interstiţiale, au peretele format dintr-un endoteliu sprijinit pe o membrană bazală şi dotat cu o mare permeabilitate. Vasele limfatice mai mari urmează în multe zone traiectul venelor, au peretele mai subţire, dar format tot din trei tunici ca şi venele (endoteliu, tunica musculară şi adventicea) şi în interior sunt prevăzute cu valvule semilunare. Pe traiectul lor, vasele limfatice fac staţie în ganglioni limfatici, de unde apoi îşi continuă drumul. Ele converg spre cele două vase colectoare limfatice principale (fig. 7.14):

– **Canalul toracic,** care are la partea sa incipientă (situată inferior) o ampulă de dimensiuni relativ mari: cisterna chili (Pecquet). Aici se colectează limfa provenită din membrele inferioare, de la organele genitale, organele abdominale şi peretele abdominal, la care se adaugă – prin vasele limfatice primite pe parcursul intratoracic al canalului – limfa din jumătatea stângă a toracelui, de la membrul superior stâng şi din jumătatea stângă a gâtului şi a capului. Canalul toracic se deschide în unghiul format de vena jugulară internă stângă şi vena subclaviculară stângă, puţin înaintea contopirii lor în vena brahiocefalică stângă.

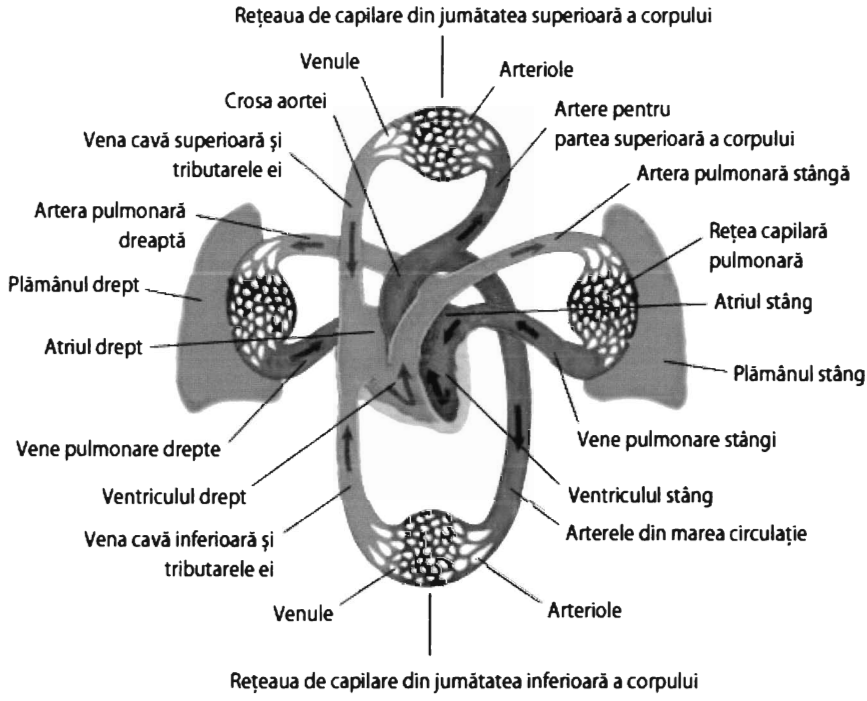


Fig. 7.6 – Circulația sistemică și circulația pulmonară (marea și mica circulație). Vasele care conțin sânge arterial (oxigenat) sunt colorate în roșu; vasele conținând sânge venos, în albastru.

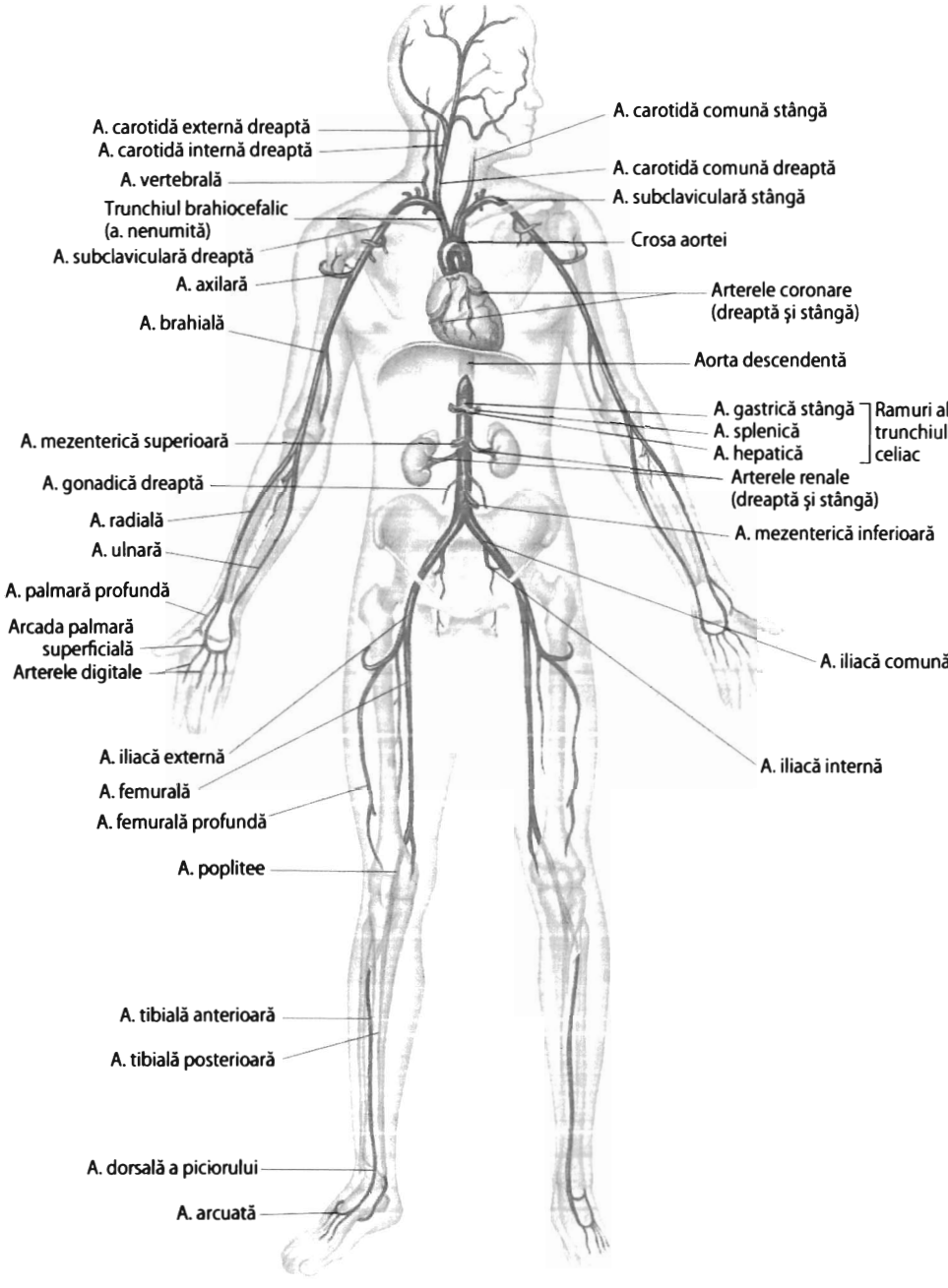


Fig. 7.7 – Sistemul arterial.

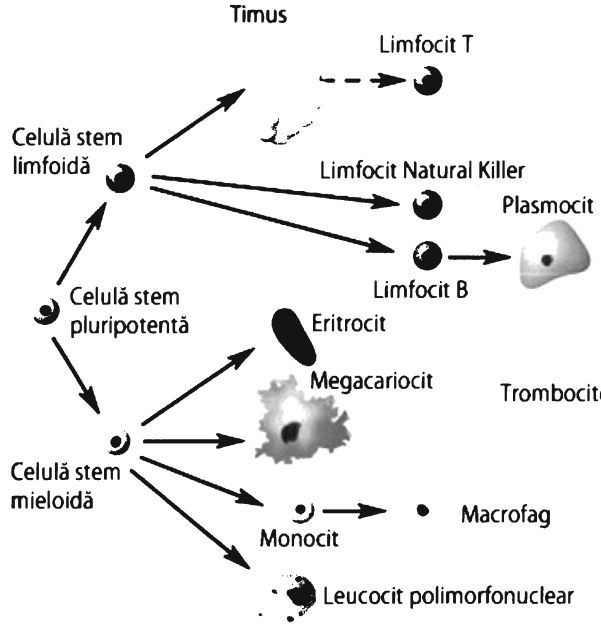


Fig. 8.1 – Originea celulelor sanguine şi a unor celule din sistemul imunitar.

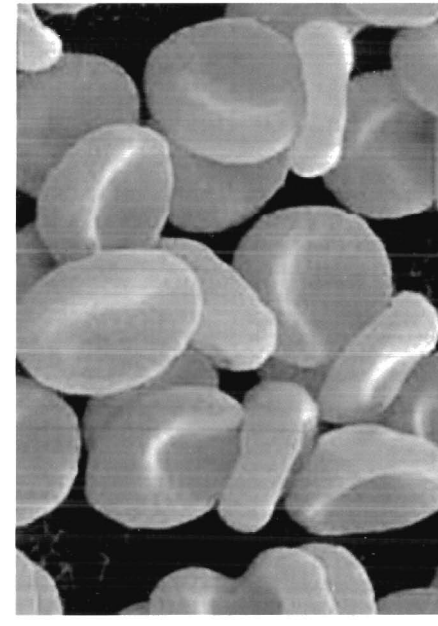


Fig. 8.2 – Eritrocite. Se observă forma de disc biconcav.

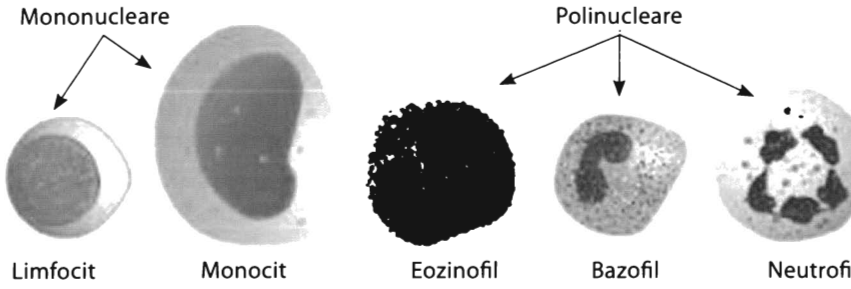


Fig. 8.3 – Cele cinci tipuri de leucocite din sângele normal.

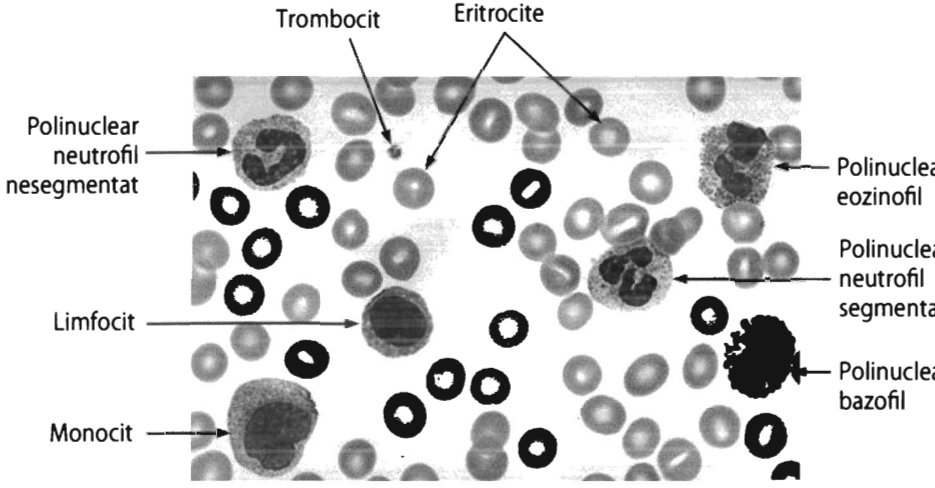


Fig. 8.4 – Frotiu de sânge periferic normal, arătând predominența numerică a eritrocitelor, prezența celor cinci tipuri de leucocite și a unui trombocit, cel mai mic element figurat din sânge.

– **Canalul limfatic drept** colectează limfa din jumătatea dreaptă a toracelui, de la membrul superior drept şi din jumătatea dreaptă a gâtului şi capului. El se deschide în unghiul format de vena jugulară internă dreaptă şi vena subclaviculară dreaptă, puţin înaintea contopirii lor în vena brahiocefalică dreaptă (fig. 7.13).

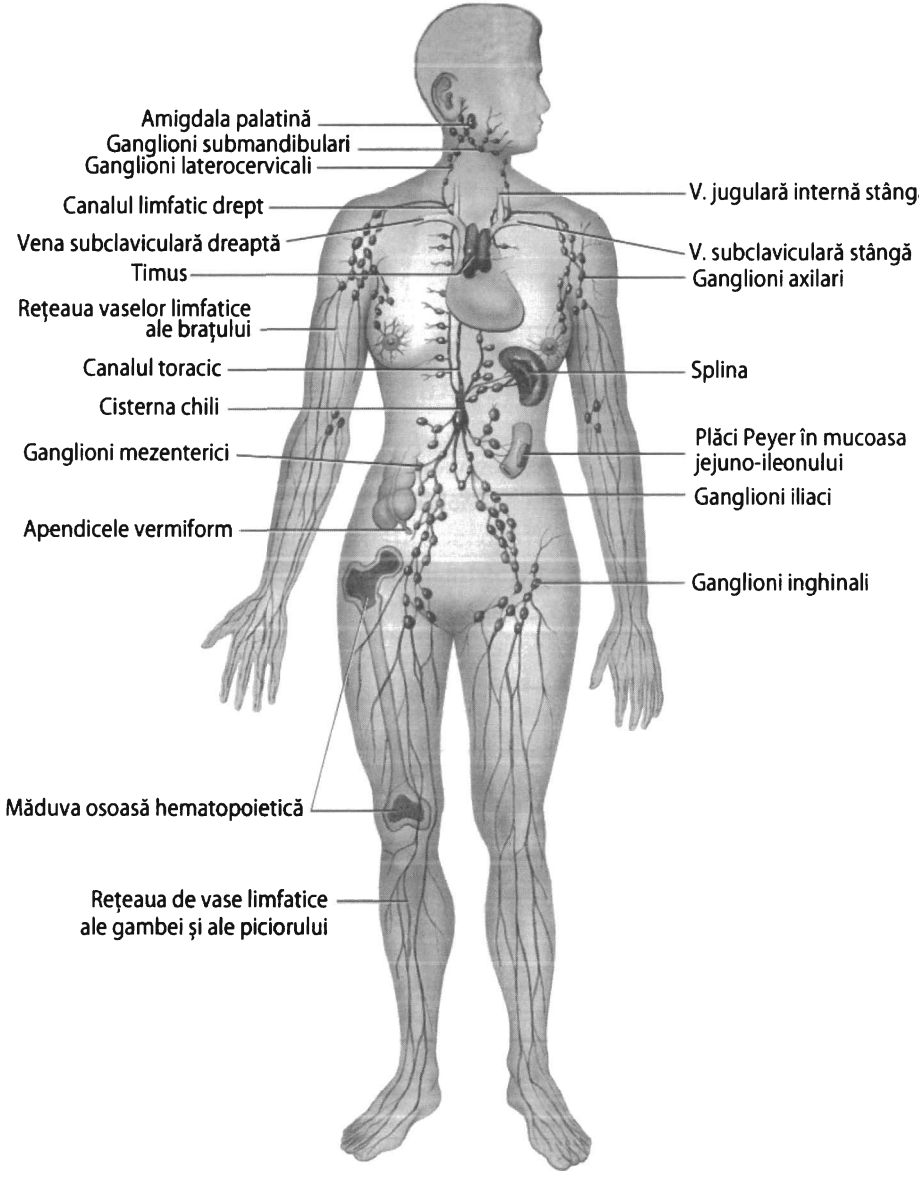


Fig. 7.13 – Sistemul limfatic.

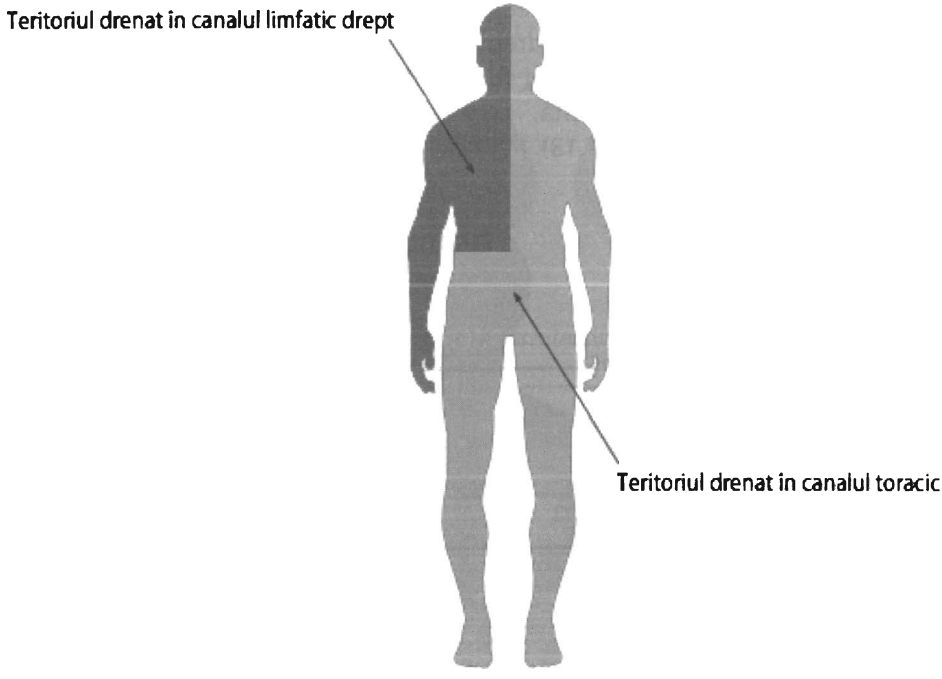


Fig. 7.14 – Teritoriile de drenaj limfatic.

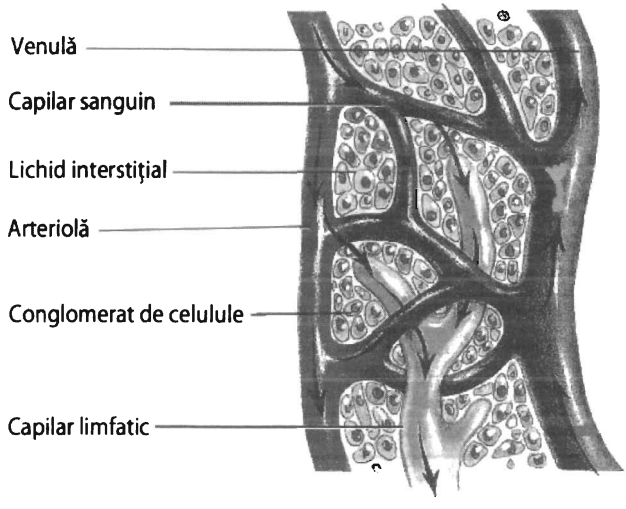


Fig. 7.15 – Interrelaţia dintre circulaţia capilară sanguină, circulaţia capilară limfatică şi lichidul interstiţial.

7.4.4. FUNCŢIILE SISTEMULUI LIMFATIC *[Functions of the lymphatic system]*

În rezumat:

– Drenarea unei cantităţi de lichid interstiţial, prevenind acumularea de lichid şi riscul formării de edeme periferice.

– Readucerea în circulaţie – prin limfa hepatică şi cea intestinală – a proteinelor extravazate.

– Transportul – după absorbţia intestinală – al acizilor graşi cu lanţ lung de atomi de carbon şi al colesterolului.

– Transportă enzime şi hormoni eliberaţi de ţesuturi în lichidul interstiţial.

– Face parte din mecanismele de apărare ale organismului [→ Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR].

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA SISTEMULUI LIMFATIC *[Application to the lymphatic system pathology]*

Adenopatiile *[Lymph nodes enlargement; adenopathies; lymphadenopathies]* sunt măriri de volum ale ganglionilor limfatici şi – totodată – implicarea lor într-un proces patologic. Există adenopatii infecţioase [adenopatia satelită = (din regiunea tributară) a unei plăgi infectate, adenopatia satelită din sifilisul primar, adenopatia din mononucleoza infecţioasă, cea din tuberculoză, cea din SIDA etc.]; adenopatii în bolile de sânge (leucemia acută limfoblastică, limfoamele maligne); adenopatii în cancere (afectarea ganglionilor limfatici tributari organului invadat de tumoră).

8. SÂNGELE ŞI LIMFA
[BLOOD AND LYMPH]

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Anion* = ion cu sarcină electrică negativă (ex.: Cl^-, HCO_3^-, HPO_4^-, SO_4^-).
- *Anticorp* → Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR.
- *Antigen* → Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR.
- *Capilar sinusoid* = tip de capilar sanguin cu perete discontinuu, format din celule turtite aparţinând sistemului reticulo-endotelial, având o membrană bazală discontinuă şi ea. Se întâlneşte în organele care conţin componente ale sistemului reticulo-endotelial (splină, ganglioni limfatici, măduva osoasă hematopoietică, ficat). În unele din aceste organe se produc elemente figurate ale sângelui (limfocite, monocite).
- *Cation* = ion cu sarcină electrică pozitivă (ex.: Na^+, K^+, Ca^{++}, Mg^{++}).
- *HDL-colesterol (high density lipoprotein cholesterol)* = colesterolul legat de lipoproteine cu densitate mare (stabilită prin migrare electroforetică). [→ şi *LDL-colesterol; VLDL-colesterol*].
- *Hematopoieza* = procesul de formare a celulelor sanguine, de la precursorii tineri până la celulele adulte.
- *LDL-colesterol (low density lipoprotein cholesterol)* = colesterolul legat de lipoproteine cu densitate mică.
- *Mielograma* = examinarea măduvei osoase hematopoietice cu reprezentarea procentuală a tuturor celulelor precursoare tinere din seriile hematopoiezei.
- *pH* = logaritm cu semn schimbat al concentraţiei hidrogen-ionilor = $-\log [H^+]$. Valoarea 7 indică un mediu neutru. Sub 7 exprimă aciditate şi cu cât coboară ca valoare, cu atât aciditatea mediului creşte. Peste 7 exprimă alcalinitate şi cu cât valoarea sa urcă, cu atât alcalinitatea mediului creşte.
- *VLDL-colesterol (very low density lipoprotein cholesterol)* = colesterolul legat de lipoproteine cu densitate foarte mică.

8.1. SÂNGELE
[The blood]

Definit de Claude Bernard ca „mediul intern al organismului", considerat de unii autori drept o varietate de ţesut conjunctiv cu substanţa fundamentală lichidă, sângele prezintă o mare complexitate de compoziţie chimică, de elemente celulare şi de funcţii.

Volumul sângelui la un adult este de 80 ml/kgc. Deci o persoană cântărind 75 kg are în medie 6 l de sânge.

Culoarea sângelui arterial este roşie-purpurie, datorită cantităţii mari de oxihemoglobină. Sângele venos este roşu-închis, datorită predominanţei de hemoglobină redusă.

Funcţiile sângelui sunt numeroase, dar sunt distribuite pe diferiţii lui constituenţi, deci vor fi studiate separat, odată cu descrierea acestora.

Cele două componente principale ale sângelui sunt plasma şi elementele figurate (celulele sanguine).

TABELUL 8.1

Componentele sângelui

SÂNGELE (8% din greutatea corporală)	Plasma (componenta lichidă)	Apă 90%		
		Substanţe dizolvate 10%	Substanţe organice 9%	
			Substanţe minerale 1%	
	Elemente figurate (celule)	Hematii (globule roşii) 4.000.000-5.000.000/µl		
		Leucocite (globule albe) 4.000-8.000/µl	Polinucleare (polimorfonucleare)	Neutrofile
				Eozinofile
				Bazofile
			Mononucleare	Limfocite
				Monocite
		Trombocite 150.000-400.000/µl		

8.1.1. PLASMA SANGUINĂ *[The blood plasma]*

Este componenta lichidă a sângelui, de fapt o soluţie bogată în substanţe dizolvate. Ea reprezintă 55% din volumul total al sângelui (restul este masa globulară care – determinată cu metoda hematocritului – are valoarea medie normală de 45%). **Serul** este plasma fără fibrinogen (acesta, în urma procesului de coagulare s-a transformat în fibrină, formând principala componentă a cheagului).

8.1.1.1. CARACTERELE FIZICO-CHIMICE ALE PLASMEI SANGUINE *[Physicochemical features of the blood plasma]*

- **Proprietăţi fizice**

Culoare galben-citrină. Gust sărat (conţine multă clorură de Na). Coagulează spontan, separându-se în două componente: cheagul (o masă solidă, moale şi elastică de culoare roşie; culoarea este datorată numeroaselor hematii incorporate în cheag, deoarece coagularea se realizează de obicei cu sânge total) şi serul (un lichid supernatant galben-deschis).

- **Compoziţie chimică**

Plasma conţine apă cca 90% şi reziduu uscat 10%, din care 9% reprezintă substanţe organice şi 1% substanţe minerale. pH-ul plasmatic este slab alcalin: 7,33. Compoziţia chimică a plasmei în detaliu → Tabelul 8.2.

TABELUL 8.2

Compoziţia chimică a plasmei

Substanţa	Caracteristici biochimice	Exprimarea ei în practică	Concentraţia medie	Relaţii cu alte substanţe	Observaţii
Substanţe organice					
Proteine totale	Macromolecule alcătuite din lanţuri de aminoacizi	Proteinemie totală	6.500-7.500 mg/dl		
Albumine	Fracţiune proteică cu masă moleculară 20.000-80.000 (relativ mică faţă de celelalte proteine)	Serum-albumine	4.000-5.000 mg/dl	Reprezintă cca 55% din totalul proteinelor	
Globuline	Fracţiune proteică cu masa moleculară 120.000-250.000	Serum-globuline	2.000-3.000 mg/dl	Include fracţiunile: α_1-globuline α_2-globuline β-globuline γ-globuline	Dozate prin metoda electroforezei proteinelor plasmatice
Fibrinogen	Glicoproteină cu cea mai mare masă moleculară: 340.000	Fibrino-genemie	200-400 mg/dl	Factorul I al coagulării	Rol important în coagulare, ultima fază
Aminoacizi	Sunt constituenţii de bază ai macromoleculelor proteice	Amino-acidemie	35-65 mg/dl	Rezultă din hidroliza macromoleculelor proteice	

TABELUL 8.2 (continuare)

Substanţa	Caracteristici biochimice	Exprimarea ei în practică	Concentraţia medie	Relaţii cu alte substanţe	Observaţii
Protrombină	Glicoproteină	Protrombinemie	20 mg/dl	Factorul II al coagulării	Sintetizată numai cu participarea vitaminei K
Grăsimi neutre	Trigliceride	Trigliceridemie	100-150 mg/dl		
Colesterol	Esteri ai colesterolului legaţi de proteine	Colesterolemie totală	150-200 mg/dl	Fracţiuni: HDL-colesterol = 50-60 mg/dl LDL-colesterol = 100-150 mg/dl VLDL-colesterol	
Glucoză	Monozaharid	Glicemie (şi NU „zahăr în sânge"!!)	70-110 mg/dl	Se dozează rapid cu glucometrul, dintr-o picătură de sânge	
Uree	Substanţe azotate neproteice	–	20-40 mg/dl	Sunt produse de deşeu ale catabolismului proteic şi se elimină în cantităţi mari prin urină	
Acid uric		Uricemie	3-6 mg/dl		
Creatinină		Creatininemie	0,5-1,5 mg/dl		
Bilirubină	Pigment biliar produs prin degradarea Hb	Bilirubinemie totală	0,8-1,2 mg/dl	Există bilirubină indirectă (liberă) cca ¾ din cea totală şi bilirubină directă (conjugată) cca ¼ din total	
Acid lactic	Produs intermediar de metabolism	Lactacidemie	8-20 mg/dl	Crescut mult în tulburări de metabolism însoţite de acidoză metabolică (coma diabetică)	
Imunoglobuline şi anticorpi					
Imunoglobulina G (IgG)			700-1.500 mg/dl	Constituie substratul („materia primă") pentru anticorpi. Se determină prin imunoelectroforeză	
Imunoglobulina A (IgA)			100-300 mg/dl		
Imunoglobulina M (IgM)			70-150 mg/dl		
Imunoglobulina E (IgE)			0,02 mg/dl		
ASLO (antistreptolizina O)			0-200 u. Todd	Creşterea reprezintă marker- ul (indicatorul caracteristic) al unei infecţii streptococice trecute sau actuale	

Substanţe minerale					
Sodiu (Na^+)	Cation	Natremie	140 mmol/l	Circulă sub formă de NaCl	
Clor (Cl^-)	Anion	Cloremie	100 mmol/l		
Potasiu (K^+)	Cation	Kaliemie	5 mmol/l		
Calciu (Ca^{++})	Cation	Calcemie	2,5 mmol/l	Este calciul total, NU cel ionizat	
Magneziu (Mg^{++})	Cation	Magneziemie	2 mmol/l		
Fosfat (HPO_4^{--})	Anion	Fosfatemie	1,5 mmol/l	Este fosforul anorganic	
Bicarbonat (HCO_3^-)	Anion	Rezerva alcalină	22 mmol/l		
Fier circulant		Sideremie	100 µg/dl	Circulă legat de transferină (o β-globulină plasmatică)	

Enzime		
Alanin aminotransferază (ALT) = transaminaza glutamo-piruvică (TGP)	5-50 u.i./l	ALT şi AST sunt mult crescute în hepatita acută virală şi moderat crescute în boli hepatice cronice
Aspartat aminotransferază (AST) = transaminaza glutamo-oxalacetică (TGO)	5-40 u.i./l	
Fosfataza alcalină serică (FAS)	25-140 u.i./l	Crescută în obstrucţii ale căilor biliare şi în regenerarea ţesutului osos
Gama-glutamil transpeptidază (GGT)	10-50 u.i./l	Crescută în boli hepatice
Lactat dehidrogenază (LDH)	50-300 u.i./l	Crescută în boli hepatice şi în boli neoplazice (canceroase)

Gaze dizolvate	
Oxigen (numai o parte, cealaltă parte fiind transportată în hematii sub forma compusului labil oxihemoglobină)	Presiunea arterială parţială a O_2 (Pa_{O2}) = 90-100 mmHg Saturaţia periferică a O_2 (SP_{O2}) = 90-100%
Dioxid de carbon (o parte, cealaltă fiind transportată în hematii sub forma compusului labil carbohemoglobină [= carbaminohemoglobină])	Presiunea arterială parţială a CO_2 (Pa_{CO2}) = 35-45 mmHg

8.1.1.2. FUNCŢIILE SUBSTANŢELOR DIN PLASMĂ *[Functions of the plasma constituents]*

- **Proteinele:**

– constituie materia primă pentru construirea şi regenerarea celulelor;
– formează rezerva de aminoacizi pentru întregul organism;

– menţin constantă presiunea coloid-osmotică a plasmei (în special albumina), nepermiţând apei să iasă din patul vascular;

– transportă colesterolul, o parte din fierul plasmatic (legat de β-globulina numită transferină) şi o parte din bilirubină (bilirubina indirectă);

– formează unul din sistemele tampon ale sângelui, cu rol de menţinere a echilibrului acido-bazic (pH-ul plasmatic să rămână constant, în jur de 7,33);

– γ-globulinele, prin imunoglobulinele care intră în componenţa lor, constituie materia primă pentru sinteza anticorpilor, cu rol atât de important în apărarea antiinfecţioasă a organismului (reprezintă imunitatea mediată umoral);

– formează substratul biochimic al enzimelor;

– numeroşi factori de coagulare au structură proteică: fibrinogenul, protrombina, proaccelerina, proconvertina, globulina antihemofilică A şi B;

– unii hormoni au structură proteică: hormonii tiroidieni (triiodotironina şi tetraiodotironina), calcitonina, hormonul antidiuretic, hormonul somatotrop.

• **Colesterolul** (pe lângă acţiunile nocive, de aterogeneză, care revin fracţiunii LDL-colesterol dacă este crescută!):

– intră în compoziţia membranei celulare;

– formează nucleul hormonilor corticosteroizi (cortizolul);

– reprezintă materia primă în sinteza hormonilor sexuali (testosteronul şi estrogenii);

– alcătuieşte nucleul pe care se sintetizează ergosterolul, precursor din piele care sub acţiunea razelor ultraviolete se transformă în vitamina D_3 (colecalciferol);

– intră în compoziţia acizilor biliari.

• **Glucoza**

– reprezintă principala sursă de energie pentru activitatea musculară şi cea metabolică din organism;

– celulele hepatice şi fibrele musculare o stochează sub formă de glicogen (polizaharid care este un polimer macromolecular al glucozei) din care apoi este eliberată în raport cu necesităţile energetice;

– neuronii utilizează ca substrat energetic exclusiv glucoza, ceea ce explică simptomele neurologice care apar în cursul hipoglicemiilor.

• **Calciul**

– rol în menţinerea la nivel normal a excitabilităţii neuromusculare;

– rol catalitic în coagulare (este factorul IV al coagulării).

• **Fierul** sub formă bivalentă este elementul de bază în sinteza hemoglobinei intrând în structura moleculei complexe a acesteia.

• **Bicarbonatul de Na** (cu **ionul bicarbonic**) şi **fosfaţii** ocupă un loc important în cadrul sistemelor tampon, care menţin pH-ul plasmatic în limitele normale.

8.1.2. ELEMENTELE FIGURATE (CELULELE SANGUINE) *[The blood cells]*

Sângele conţine trei categorii de elemente figurate: hematii, leucocite şi trombocite, având dimensiuni, forme şi structuri diferite precum şi funcţii bine delimitate şi specializate. Fiecare dintre aceste tipuri de celule este rezultatul unui proces complex de formare, evoluţie şi diferenţiere denumit hematopoieză (fig. 8.1, vezi planşa color).

8.1.2.1. HEMATOPOIEZA *[Hematopoiesis].* Este producerea, dezvoltarea în mai multe stadii şi diferenţierea celulelor sanguine până la forma adultă sub care apar în circulaţie. Acestor celule li se atribuie o origine comună: celula stem hematopoietică, formă tânără, nediferenţiată şi pluripotentă. Din ea se diferenţiază liniile celulare pentru componentele sângelui. Sediul principal al hematopoiezei la adult este în măduva hematopoietică („măduva roşie") din oasele late şi scurte şi din epifizele oaselor lungi. Măduva din canalul medular al oaselor lungi este hematopoietică numai în viaţa intrauterină şi în copilărie. Ulterior măduva din canalul medular suferă o degenerescenţă grăsoasă, devenind măduvă galbenă (plină cu adipocite). Limfocitele au o linie hematopoietică aparte: ele se diferenţiază în organele limfoide şi în timus. Eritropoieza (componentă a hematopoiezei) este succesiunea de modificări în urma cărora apare eritrocitul adult, anucleat.

8.1.2.2. HEMATII (GLOBULE ROŞII, ERITROCITE) *[Red blood cells (erythrocytes)].* Sunt cele mai numeroase celule ale sângelui (→ Hemoleucograma). Numărul lor la bărbaţi adulţi este de cca 5.000.000/µl; la femei, mai mic: 4.000.000-4.500.000/µl. La o persoană de 75 kg, care are în organism 6 litri de sânge, şi 5.000.000 de hematii/µl, toate hematiile din sângele circulant, stivuite una peste alta în forma unui fişic înalt, ar atinge dimensiunea de 60.000 km (şaizeci de mii de kilometri!) (fig. 8.2, vezi planşa color). Iar suprafaţa însumată a tuturor hematiilor din corp realizează circa 2.300 m^2. (Verificaţi!)

Hematia este o celulă anucleată, cu forma unui disc biconcav, realizând astfel cea mai mare suprafaţă pentru volumul ei. Are diametrul mediu de 7-7,5 µm şi grosimea de 2 µm. Culoarea roşie este datorată hemoglobinei (Hb), pigmentul respirator cu o formulă complexă care reuneşte o moleculă de hem – conţinând un atom de fier bivalent – cu una de globină. Cantitatea de Hb dintr-o hematie este în medie de 25 pg/celulă. La persoanele adulte se întâlneşte HbA_1 (adică hemoglobină adultă). La sugari există încă hemoglobină fetală (HbF) care dispare în cursul primului an de viaţă, lăsând loc celei adulte. De notat prezenţa unei fracţiuni hemoglobinice conţinând glucoză, denumită hemoglobină glicozilată (HbA_{1c}), care are fluctuaţii paralele cu glicemia (fiind chiar un indicator mai sensibil în evoluţia

diabetului zaharat decât dozarea glucozei plasmatice cu glucometrul!). În hematii există şi numeroase enzime cu funcţii specializate (glucozo-6-fosfat dehidrogenaza, piruvatkinaza, glutation reductaza).

Funcţiile principale ale hematiei, de transport al O_2 (menţionăm însă că o importantă fracţiune din oxigen este dizolvată fizic în plasmă) şi de transport parţial al CO_2, se realizează datorită hemoglobinei. La nivelul alveolelor pulmonare, oxigenul din aer difuzează în sângele capilar şi este încărcat în hematii sub formă de oxihemoglobină (compus în care oxigenul se leagă în mod labil de atomul de fier bivalent din hem). La nivelul ţesuturilor oxigenul este cedat, iar Hb redevine hemoglobină redusă. Pentru transportul dioxidului de carbon (de fapt o parte din el, cealaltă parte fiind dizolvată în plasmă), procesul se desfăşoară în sens invers. La nivelul ţesuturilor, Hb se încarcă cu CO_2, care se leagă în mod labil de grupările aminice ale globinei, rezultând carbohemoglobina (carbaminohemoglobina). În capilarele din alveolele pulmonare, dioxidul de carbon difuzează în afara sângelui, trecând în aerul alveolar pentru a fi eliminat.

Ciclul de viaţă al unei hematii cuprinde:

– **eritropoieza**, adică formarea eritrocitelor. Ea are loc la adult în oasele late, şi anume în măduva hematopoietică (măduva „roşie"), prin parcurgerea mai multor stadii intermediare ale celulei: proeritroblaşti, eritroblaşti, normoblaşti (cu diferite afinităţi de colorare), toate aceste forme celulare posedând încă nucleu. Pierderea nucleului defineşte trecerea în eritrocit adult, aşa cum este întâlnit în sânge. Există însă şi o formă anucleată tânără, *reticulocitul,* prezentă în mod normal în sângele periferic (în procent mediu de 1% din totalul eritrocitelor circulante) caracterizată prin prezenţa unei substanţe reticulofilamentoase bazofile în citoplasmă, care se evidenţiază prin metode speciale de colorare. Eritropoieza necesită un aport normal de vitamina B_{12}, de acid folic (vitamina B_9), de fier, de proteine precum şi intervenţia unui hormon în reglarea ei. Hormonul poartă numele de *eritropoietină* şi este secretat în cea mai mare parte de către rinichi;

– **durata de viaţă medie** a eritrocitului adult este de 120 de zile, dacă nu intervin factori patologici care să-i scurteze existenţa;

– **hemoliza**, adică distrugerea eritrocitelor are loc – pentru cele îmbătrânite – mai ales în splină, dar şi în ţesutul reticulohistiocitar din ficat, măduva osoasă şi ganglioni limfatici. Pe măsură ce eritrocitele îmbătrânite sunt distruse, ele sunt înlocuite de altele noi, astfel încât numărul lor să se menţină constant.

8.1.2.3. LEUCOCITE (GLOBULE ALBE) ***[Leukocytes (white blood cells)].*** Sunt elemente celulare care au, în general, rol în apărarea antiinfecţioasă, posedând şi o mare mobilitate. Originea lor este în măduva hematopoietică (seria mieloidă sau granulocitară). Se clasifică în mai multe categorii, după

dimensiuni, morfologie, afinitate tinctorială (= de colorare) şi funcţii specifice. Numărul lor total, la persoanele adulte, variază între 4.000-8.000/µl. Importantă este însă şi distribuţia procentuală a diferitelor tipuri de celule în cadrul acestui număr, adică *formula leucocitară* (Tabelul 8.3).

• **LEUCOCITELE POLIMORFONUCLEARE *[Granulocytes]***

Se caracterizează prin prezenţa unor granulaţii în citoplasmă, care se colorează în mod diferit (cu metoda May-Grünwald-Giemsa), permiţând o subdivizare a lor în 3 grupe:

~ **Polinucleare neutrofile *[Neutrophils]*** la care granulaţiile apar numeroase, mici şi colorate în violet (coloraţie neutră). La celulele mature, nucleul prezintă mai mulţi lobi [de aici şi denumirea (inexactă!) de polinucleare] şi capătă numele de polinucleare neutrofile segmentate. La neutrofilele tinere se observă absenţa lobulaţiei nucleului (polinucleare neutrofile nesegmentate). Toate aceste neutrofile au proprietatea de a traversa peretele capilar (diapedează), de a emite pseudopode, de a încorpora şi a digera bacterii (fagocitoză), de a îngloba particule solide extrem de mici sau picături de lichide (pinocitoză), deci posedă mijloace de luptă şi de neutralizare a bacteriilor şi a toxinelor (până la o anumită limită!). Puroiul din focarele de supuraţie este format în mare măsură din numeroase polinucleare distruse (în lupta antibacteriană).

~ **Polinucleare eozinofile *[Eosinophils]*** care apar cu granulaţii mari şi roşii în citoplasmă (seamănă cu icrele de Manciuria), datorită afinităţii tinctoriale pentru coloranţii acizi (eozina). Granulaţiile conţin enzime.

~ **Polinucleare bazofile *[Basophils],*** cele mai puţine reprezentate procentual, prezintă citoplasma umplută cu granulaţii mari şi albastre (având afinitate pentru coloranţii bazici), care aproape voalează şi nucleul. Aceste granulaţii conţin enzime, heparină, histamină (substanţă cu rol în declanşarea reacţiilor alergice), leucotriene (cu rol tot în reacţii alergice) (fig. 8.3, vezi planşa color).

• **LIMFOCITELE *[Lymphocytes]***

Sunt celule mononucleate, de dimensiuni variabile (limfocite mici cu diametrul de 6 µm şi limfocite mari). Nucleul ocupă cea mai mare parte din volumul celulei, în detrimentul citoplasmei care este redusă. Prin metode de laborator de mare fineţe (citometria în flux = imunofenotipare) s-au putut diferenţia:

~ **Limfocite B**, formate în măduva osoasă şi în organele limfoide (ganglioni limfatici, foliculi limfatici din organe, pulpa albă a splinei). Ele produc anticorpii din sânge, folosind ca materie primă γ-globulinele plasmatice (aceşti anticorpi asigură imunitatea mediată umoral).

Hemoleucograma (HLG) completă în forma prezentată de analizatoarele hematologice computerizate

Denumirea componentei	Abrevieri	Limitele normale de variațiune exprimate exponențial (la analizator)	Se citesc:	Denumirea în limba engleză	Abrevieri în lb. engleză
Hemoleucograma	HLG	–	–	*Complete blood count*	*CBC*
Hematii		Bărbați 5-5,4 × 10^6/µl	5-5,4 milioane/mm^3	*Red blood cells (corpuscles)*	*RBC*
		Femei: 4-4,5 × 10^6/µl	4-4,5 milioane/mm^3		
Hemoglobină	Hb	Bărbați 16 g/dl		*Hemoglobin*	*Hgb*
		Femei 14-15 g/dl			
Hematocrit	Hct	Bărbați 45-47%		*Packed cell volume*	*HCT*
		Femei 42-44%			
Volum eritrocitar mediu	VEM	85 fl	85 femtolitri	*Mean corpuscular volume*	*MCV*
Hemoglobina eritrocitară medie	HEM	25 pg	25 picograme pe un eritrocit	*Mean corpuscular hemoglobin*	*MCH*
Leucocite		4-8 x 10^3/µl	4.000-8.000/mm^3	*White blood cells*	*WBC*
Polinucleare neutrofile	PMN	60-65%	Repartiția procentuală a diferitelor tipuri de leucocite realizează **formula leucocitară *[differential formula]***	*Neutrophil granulocytes*	*Gran.; Gr.; Neutr.*
Eozinofile		1-4%		*Eosinophils*	*Eo; Eos*
Bazofile		0-1%		*Basophils*	*Bas*
Limfocite		20-30%		*Lymphocytes*	*Lymph*
Monocite		4-8%		*Monocytes*	*Mono*
Trombocite		150-400 × 10^3/µl/	150.000-400.000/mm^3	*Platelets*	*Plt*

~ **Limfocite T**, formate în măduva osoasă şi diferenţiate în timus (de aici litera T). Ele secretă limfokine care acţionează ca factori ai imunităţii mediate celular şi controlează producerea de anticorpi de către limfocitele B.

Sunt produse ale limfocitelor unele interleukine (substanţe cu rol în activarea funcţiilor de apărare a leucocitelor mononucleare) precum şi interferonul (glicoproteină produsă de celulele infectate cu un virus sau o bacterie şi care inhibă multiplicarea virală prin blocarea sintezei acidului nucleic viral).

Pentru detalii privind rolul diferitelor tipuri de limfocite în mecanismele de apărare antiinfecţioasă a organismului → Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR.

• **MONOCITELE *[Monocytes]***

Aparţin categoriei de celule macrofage şi sunt cele mai mari elemente figurate din sânge, ajungând la un diametru de 25 μm. Monocitele reprezintă precursorii celulelor la care predomină funcţia fagocitară (celulele macrofage care se găsesc în ganglionii limfatici, în splină, dar şi în ţesutul conjunctiv din plămâni şi ficat). Au capacitatea de a fagocita bacterii, resturi celulare, puroi şi complexe imune (de unde şi etichetarea lor drept „crematorii"). Monocitele şi macrofagele secretă monokine, substanţe cu rol asemănător limfokinelor, adică asigurând imunitatea mediată celular.

8.1.2.4. TROMBOCITELE (PLACHETELE SANGUINE) *[Platelets (thrombocytes)].* Sunt cele mai mici elemente figurate care circulă în sânge, au diametrul de 2-4 μm, nu posedă nucleu şi au numeroase granulaţii fine în citoplasmă. Ele se formează prin fragmentarea celor mai mari celule ale măduvei hematopoietice, megacariocitele („gigantul din măduvă dă naştere piticului din sângele circulant"). Durata de viaţă a trombocitelor este de 7-10 zile. Ele sunt în număr de 150.000-400.000/μl şi au rolul principal în prima fază a hemostazei (faza vasculoplachetară, când se formează „dopul plachetar"). Proprietăţile care le permit îndeplinirea acestei funcţii sunt adezivitatea (la suprafeţe rugoase, la endoteliile vasculare lezate, la fibrele de colagen) şi agregabilitatea (gruparea lor, fiind reunite prin filamente de fibrină). După aderare, trombocitele eliberează, din granulaţiile lor, tromboxan (care activează agregarea trombocitelor şi produce vasoconstricţie locală) şi serotonină (cu rol vasoconstrictor) (fig. 8.4, vezi planşa color).

8.1.3. HEMOSTAZA ŞI COAGULAREA SÂNGELUI *[Hemostasis and clotting]*

Hemostaza este procesul de oprire a unei hemoragii în mod spontan (dacă sângerarea s-a produs la nivelul vaselor mici) sau prin folosirea unor ma-

nevre şi a unor medicamente cu efect coagulant. Are un mecanism complex şi cuprinde trei etape principale, care implică participarea a numeroşi factori: hemostaza primară, procesul de coagulare a sângelui şi retracţia cheagului.

8.1.3.1. HEMOSTAZA PRIMARĂ (timpul vasculo-plachetar al hemostazei) se declanşează odată cu producerea leziunii care afectează peretele vascular şi permite scurgerea de sânge. Ea constă din aderarea unui mare număr de trombocite la locul unde endoteliul vascular a fost lezat (trombocitele au proprietatea de adezivitate şi agregare), constituindu-se astfel „dopul plachetar". Din trombocite sunt secretate substanţe cu efect vasoconstrictor local, care determină astfel devierea curentului sanguin prin vase colaterale, reducând pierderea de sânge.

8.1.3.2. COAGULAREA SÂNGELUI este procesul prin care se formează cheagul. Acest proces se defăşoară în cascadă, cu participarea celor 13 factori ai coagulării plus o serie de factori adjuvanţi:

I. Fibrinogenul, sintetizat în ficat. Din el se va forma reţeaua de fibrină care constituie suportul („scheletul") cheagului de sânge.

II. Protrombina, sintetizată în ficat sub acţiunea vitaminei K.

III. Tromboplastina tisulară, eliberată de ţesuturile lezate.

IV. Ionii de calciu din plasmă (Ca^{++}) care intervin doar catalitic, în cantităţi foarte mici. (De notat că NU există tulburări de hemostază în hipocalcemii.)

V. Proaccelerina, sintetizată în ficat.

VI. (anulat)

VII. Proconvertina, sintetizată în ficat sub acţiunea vitaminei K.

VIII. Globulina antihemofilică A (incluzând şi factorul von Willebrand).

IX. Globulina antihemofilică B (factorul Christmas, *plasma thromboplastin component = PTC*), sintetizată în ficat sub acţiunea vitaminei K.

X. Factorul Stuart-Prower, sintetizat în ficat sub acţiunea vitaminei K.

XI. *Plasma thromboplastin antecedent (PTA)*

XII. Factorul Hagemann

XIII. Factorul stabilizator al fibrinei (FSF).

Factorii adjuvanţi ai coagulării sunt: prekalicreina, kininogenul, proteina C (care este dependentă de vitamina K), proteina S (dependentă tot de vitamina K), inhibitorul căii factorului tisular, procoagulantul fosfolipidic şi trombomodulina.

Trebuie precizat că majoritatea factorilor de coagulare din plasmă circulă în formă inactivă (altminteri s-ar produce coagulare intravasculară!). Ei devin activi odată cu amorsarea mecanismului coagulării.

Fazele procesului de coagulare „în cascadă" sunt prezentate în → Fig. 8.5.

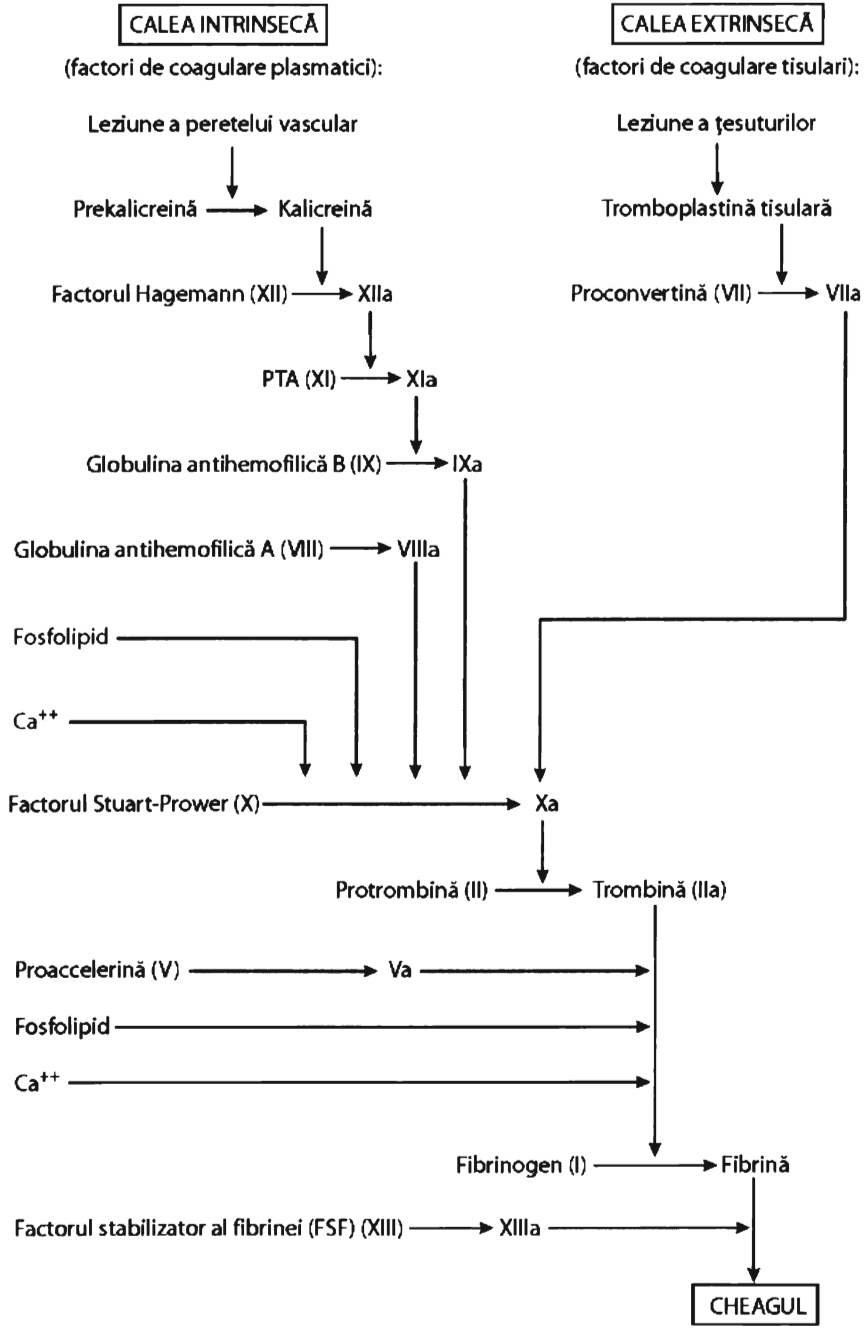


Fig. 8.5 – Etapele „în cascadă" ale coagulării sângelui. Cifrele romane indică numărul factorului de coagulare, conform nomenclaturii internaţionale. Litera „a" pusă lângă un număr arată că acel factor este activat şi angrenat în procesul de coagulare.

În ultima etapă a coagulării, fibrinogenul solubil din plasmă se transformă în reţeaua de fibrină insolubilă, care va constitui suportul cheagului.

Rezultatul acestui proces complex este deci formarea cheagului sanguin, alcătuit dintr-o reţea de fibrină în ochiurile căreia se află numeroase trombocite şi eritrocite (care îi conferă culoarea roşu-închis).

8.1.3.3. RETRACŢIA CHEAGULUI. În decursul orelor care urmează după formarea cheagului, el suferă un proces de micşorare în volum, numit retracţia cheagului. Rolul principal în acest proces le revine unor factori produşi de trombocite.

8.1.3.4. FIBRINOLIZA FIZIOLOGICĂ este fenomenul care constă în topirea (disoluţia) cheagului de sânge, după ce peretele vascular lezat s-a refăcut (deci după un număr de zile). Fibrinoliza are loc sub acţiunea plasminei (= fibrinolizină), enzimă cu efect de degradare a fibrinogenului şi fibrinei. Plasmina este o enzimă activă care nu circulă ca atare în mod normal, ci se găseşte în plasmă sub forma inactivă de precursor numit plasminogen (= profibrinolizină). Acesta este activat numai în momentul în care a devenit necesară distrugerea cheagurilor.

Principalele **constante normale** din procesul de hemostază sunt:

Timpul de sângerare (TS) = 1-3 minute

Timpul de coagulare în eprubetă (TC) = 8-12 minute

Timpul de coagulare a plasmei recalcifiate (timpul Howell) = 1 minut 15 sec. - 1 min. 45 sec.

Timpul de protrombină (PT, timpul Quick) = 12-14 secunde

Fibrinogenemia = 200-400 mg/dl.

8.1.4. GRUPELE SANGUINE ŞI FACTORUL Rh *[Blood groups and Rh factor]*

Grupele sanguine au putut fi separate când cercetătorul Karl Landsteiner (în anul 1900, ulterior laureat cu premiul Nobel) a descoperit că hematiile unor persoane conţin anumiţi factori (antigene) care nu sunt identice cu ale altor persoane. Aceste antigene au fost numite *aglutinogene* şi notate cu litere majuscule, definind cele patru grupe sanguine principale:

– absenţa aglutinogenului, notată cu 0 defineşte grupa 0;

– aglutinogenul A defineşte grupa A, dar identificându-se un aglutinogen de tip A_1 şi altul de tip A_2, au apărut două subgrupe corespunzătoare: subgrupele A_1 şi A_2;

- aglutinogenul B defineşte grupa B;
- existenţa ambelor aglutinogene, A şi B, defineşte grupa AB care însă, din cauza celor două tipuri, se divide în două subgrupe: A_1B şi A_2B.

(**NOTĂ**: Din cauza subgrupelor, pentru a nu se crea confuzii, s-a renunţat la vechea numerotare a grupelor sanguine care era 0_I, A_{II}, B_{III}, AB_{IV}).

Anticorpii corespunzători acestor antigene au fost numiţi *aglutinine*. Deoarece contactul dintre un aglutinogen şi aglutinina de acelaşi tip ar produce grave tulburări (aglutinarea hematiilor şi hemoliză) în mod natural orice persoană are aglutinogenul şi aglutinina de tipuri diferite [→ Tabelul 8.4].

TABELUL 8.4

Caracteristicile grupelor sanguine

Grupa sanguină	Subgrupe	Aglutinogenul din hematii	Aglutinina din plasmă	Observaţii
0	-	0	α şi β	Aglutininele α şi β sunt, ca mod de acţiune, anti-A şi anti-B
A	A_1	A_1	β	Aglutinina β este, ca mod de acţiune, anti-B
	A_2	A_2		
B	-	B	α	Aglutinina α este, ca mod de acţiune, anti-A
AB	A_1B	A_1 şi B	0	Această grupă NU are aglutinine
	A_2B	A_2 şi B		

Este preferabil ca orice transfuzie să fie făcută cu grupa sanguină a primitorului (sânge izogrup). În situaţii de urgenţă se admit şi transfuzii cu alt grup sanguin, dar numai cu respectarea regulei ca aglutinogenul de la donator să NU fie de acelaşi tip cu aglutinina primitorului. Această condiţie este vitală şi se ţine seama că în cazul unei reacţii, de la donator intervine aglutinogenul, iar de la primitor aglutinina. S-a stabilit o regulă de donare şi primire în funcţie de grupa sanguină [→ Fig. 8.6 – „Rombul" transfuzional] a cărei valabilitate este însă limitată la o cantitate de maximum 500 ml sânge transfuzat. Pentru volume mai mari este indicat numai sânge izogrup (adică sânge de acelaşi grup cu al primitorului). Unul dintre dezavantajele «rombului» este şi faptul că NU ia în calcul subgrupele sanguine.

După cum reiese din fig. 8.6, fiecare grupă poate – evident – dona la grupa ei. Grupa 0 este donator universal (neavând nici un aglutinogen), iar grupa AB este primitor universal (neavând nici o aglutinină). Alte combinaţii de donare, în afara celor indicate în rombul transfuzional, *sunt cu desăvârşire interzise.*

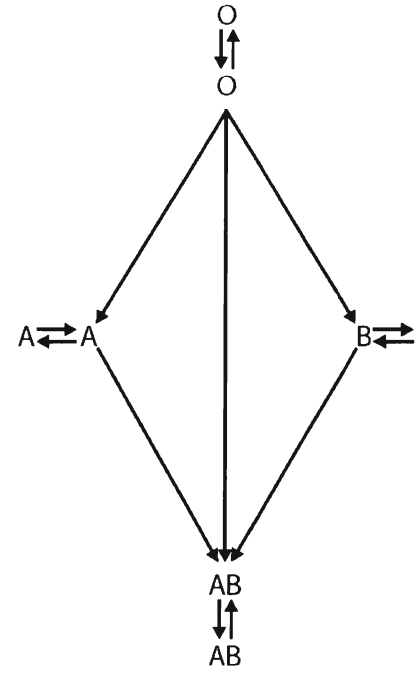


Fig. 8.6 – «Rombul» transfuzional. Săgeţile indică sensul în care pot fi efectuate transfuziile de sânge de la o grupă sanguină la alta.

TABELUL 8.5

Reguli de transfuzie sanguină în funcţie de factorul Rh

Persoane Rh pozitive (cu antigen D pe hematii)	donează sânge →	numai la persoane Rh pozitive
Persoane Rh negative (neavând nici un antigen pe hematii)	donează sânge →	la persoane Rh negative şi la persoane Rh pozitive

În afară de aglutinogenele menţionate, hematiile mai conţin şi alte antigene care pot crea reacţii nefavorabile în unele situaţii. Este vorba de factorul Rh (de la maimuţa *Macaccus rhesus*, unde a fost descris prima dată). Circa 85% din populaţia europeană posedă acest factor pe hematii, fiind deci Rh pozitive (în genetică sunt notaţi cu litera D [majuscul]). Ceilalţi 15% neavând acest factor, sunt persoane Rh negative (în genetică notaţi cu litera d [mic]). Dacă o persoană Rh negativă primeşte sânge Rh pozitiv (prin transfuzie sau – în timpul sarcinii – de la fătul din uter care este Rh pozitiv), produce anticorpi (adică aglutinine) anti-D. La un al doilea contact cu un sânge Rh pozitiv, aceste aglutinine reacţionează cu hematiile primite şi are loc aglutinare plus hemoliză intensă, însoţită de anemie gravă. Deci → Tabelul 8.5.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA SÂNGELUI ŞI A ORGANELOR HEMATOPOIETICE *[Applications to blood diseases]*

Anemiile *[Anemias]* se definesc la adult de către OMS prin scăderea concentraţiei hemoglobinei sub 13 g/dl la bărbat şi sub 12 g/dl la femeie. Concomitent, eritrocitele şi hematocritul scad şi ele faţă de valorile normale. Scăderea Hb, a eritrocitelor şi a hematocritului poate fi paralelă sau poate fi inegală, mai intensă pentru unul dintre aceşti trei parametri. Anemiile se clasifică după cauza determinantă (etiologie) şi după mecanismul de producere (patogenie) astfel:

- **Anemia posthemoragică acută** *[Acute hemorrhagic anemia]* apare în caz de sângerare brutală şi abundentă fie dintr-o cauză externă (hemoragie externă prin secţionarea unei artere periferice importante, epistaxis [= hemoragie nazală] masiv, fie dintr-o cauză internă (ulcer gastric sângerând intens, efracţie de varice esofagiene în cursul unei ciroze hepatice, sarcină extrauterină ruptă). Poate fi rapid mortală prin pierderea, în scurt timp, a unei mari cantităţi de sânge, pierdere însoţită de şoc hemoragic.
- **Anemia posthemoragică cronică** *[Chronic hemorrhagic anemia]* se instalează treptat, survenind în urma unor sângerări în cantitate mică, dar repetate şi frecvente, cum se întâmplă în caz de polipi intestinali multipli, în ulcerul gastroduodenal cu sângerări recurente, în hemoragii uterine (metroragii) la femei.
- **Anemia carenţială feriprivă** *[Iron deficiency anemia]* este provocată de scăderea stocului de fier din organism (fierul fiind necesar pentru sinteza hemoglobinei). Cauzele pot fi: carenţa alimentară, diarei repetate (în care absorbţia intestinală a fierului este mult scăzută), infecţii repetate (în care fierul este blocat în sistemul reticulo-endotelial activat). De menţionat că în anemia feriprivă hemoglobina este scăzută disproporţionat de mult faţă de numărul eritrocitelor şi de hematocrit, iar hematiile sunt mai mici şi palide (hipocrome).
- **Anemiile hemolitice** *[Hemolytic anemias]* reprezintă un grup numeros. Mecanismul lor de producere este distrugerea în cantităţi mari de eritrocite chiar în circulaţie (hemoliză), fără ca ele să-şi fi îndeplinit durata de viaţă medie de 120 de zile. Unele anemii hemolitice sunt congenitale, prin defect din naştere, fie al formei eritrocitelor (microsferocitoza), fie al structurii hemoglobinei [talasemia majoră cu HbF (= fetală) în procent foarte mare, în locul hemoglobinei normale care este HbA_1]. Există însă şi numeroase anemii hemolitice dobândite, produse de substanţe chimice, toxine vegetale (ciuperci otrăvitoare), venin de şarpe sau autoanticorpi (anticorpi formaţi împotriva propriilor structuri din organism, deci care NU mai pot deosebi "self"-ul de "non-self") [→ Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR].

- **Anemia megaloblastică (pernicioasă) Biermer** *[Megaloblastic anemia]* este determinată de carenţa în vitamina B_{12} (ciancobalamina) sau de vitamina B_9 (acidul folic). Ea poate apărea şi după rezecţia de stomac, deoarece stomacul secretă un factor intrinsec care favorizează absorbţia şi utilizarea vitaminei B_{12}. În acest tip de anemie, eritrocitele sunt mult mărite în diametru (megalocite), ca şi precursorii lor, eritroblaştii care devin megaloblaşti.

- **Aplazia medulară** *[Aplastic anemia]* este lipsa de activitate a măduvei hematopoietice care NU mai produce elementele figurate ale sângelui. Se caracterizează prin scăderea considerabilă a hematiilor, hemoglobinei, leucocitelor şi trombocitelor. Apare în boala de iradiere, în unele infecţii virotice, după unele medicamente anticanceroase (citostatice) sau fără vreo cauză decelabilă (aceasta este denumită *aplazie medulară idiopatică*). Boala este gravă nu numai prin anemia marcată, dar şi prin scăderea capacităţii de apărare antiinfecţioasă datorită scăderii leucocitelor (survin infecţii severe) şi prin hemoragiile prelungite şi abundente, soldându-se în majoritatea cazurilor cu deces.

Leucemiile *[Leukemias]* sunt proliferări intense anarhice, ale unei serii de leucocite. În unele forme (leucemia acută limfoblastică) apar elemente celulare tinere atipice (maligne). Aspectul frotiului de sânge este concludent prin morfologia modificată a acestor leucocite. Mai precisă este totuşi mielograma (studiul elementelor celulare din măduvă) sau puncţia-biopsie medulară care extrage un fragment mai consistent din măduva hematopoietică. Dintre cauzele cunoscute la unele tipuri de leucemie citäm anomalii cromozomiale (translocaţii), iradiere cu substanţe radioactive (dureroasa experienţă după prima bombă nucleară de la Hiroshima), unele virusuri.

Eozinofilele sunt crescute în boli parazitare produse de viermi, mai ales dacă aceştia au şi un ciclu tisular. De exemplu, în trichineloză (parazitoză tisulară produsă de Trichinella spiralis) eozinofilia poate ajunge la 50-60%. Eozinofilia mai este crescută şi în stări alergice, dar nu atinge procente atât de ridicate.

Purpura trombocitopenică idiopatică (PTI) *[Idiopathic thrombocytopenic purpura (ITP)]* este o boală hemoragică apărută în urma scăderii importante a numărului de trombocite, uneori la câteva zeci de mii pe μl. Sângerările apar spontan şi sunt masive: nazale (= epistaxis), gingivale (= gingivoragii), renale (= hematurie). Pe piele apar numeroase pete mici (unele cât o gămălie de ac), de culoare roşu-aprins, care se numesc peteşii. Există şi vânătăi (= echimoze) numeroase şi întinse ca suprafaţă.

Hemofilia A şi **hemofilia B** *[Hemophilia A* and *hemophilia B]* sunt boli hemoragice (adică însoţite de sângerări importante la traumatisme minore) datorită lipsei congenitale (din naştere) a factorului VIII al coagulării (pentru

tipul A) şi a factorului IX (pentru tipul B). Fiind o boală legată de cromozomul X, apare numai la sexul masculin (care nu are un al doilea cromozom X ca să preia funcţiile celui afectat). Bolnavii prezintă sângerări masive la plăgi minore şi superficiale, apar colecţii importante de sânge (hematoame) în muşchi sau în organe interne, revărsate de sânge în articulaţii (hemartroze), sângerări dentare (gingivoragii) cu prilejul schimbării dinţilor sau al extracţiilor dentare, epistaxis, hematurie etc.

Coagularea intravasculară diseminată (CID) *[Disseminated intravascular coagulation (DIC)]* este o tulburare a mecanismelor coagulării, care apare în stări toxiinfecţioase grave. Se declanşează spontan şi anarhic o coagulare în masă în vasele sanguine mici, ceea ce antrenează apariţia de numeroase cheaguri aderente la pereţii vasculari (trombusuri), provocând obstacole şi tulburări în irigarea ţesuturilor şi a organelor. Totodată factorii de coagulare sunt irosiţi în aceste numeroase cheaguri, ceea ce duce la apariţia de hemoragii importante externe şi interne (de aici şi denumirea de **coagulopatie de consum**).

8.2. LIMFA
[The lymph]

Pentru structura sistemului limfatic → Cap. 7.4 – SISTEMUL LIMFATIC.

• **Proprietăţile fizice şi compoziţia limfei**

Este un lichid incolor dar după un prânz bogat în grăsimi ia – la 6-8 ore – un aspect lăptos, datorită conţinutului crescut în lipide (absorbite prin mucoasa jejunală şi transportate prin vasele chilifere ale vilozităţilor intestinale). Fluxul limfatic normal este de 2-4 l/24 ore. Substanţele minerale (electroliţii) au aproximativ aceeaşi concentraţie ca în plasmă. Proteinele au o concentraţie variabilă, limfa hepatică fiind mai bogată în proteine, la fel ca şi limfa care părăseşte un ganglion limfatic străbătut. Conţinutul în lipide este redus, cu excepţia perioadei postprandiale menţionate. Elementele celulare din limfă sunt limfocitele, provenite din ganglionii limfatici plus rare monocite şi plasmocite.

• **Funcţiile sistemului limfatic** în mecanismele de apărare ale organismului → Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR.

9. APARATUL DIGESTIV
[THE DIGESTIVE SYSTEM]

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Amidon* = polizaharid vegetal macromolecular, alcătuit din numeroase molecule de glucoză dispuse în lanţuri, şi având formula generală $(C_6H_{10}O_5)n$. Deci este un polimer de glucoză. În cantităţi mari se găseşte în toate făinurile de cereale şi în cartofi. Se prezintă sub două forme principale: alfa-amiloza, în care lanţurile de glucoză sunt lungi şi neramificate şi amilopectina, care are lanţurile ramificate. Enzima care scindează – prin hidroliză – amidonul este amilaza.
- *Ansă* = structură anatomică în formă de buclă sau inel.
- *Capilare sinusoide* = vase capilare sanguine cu pereţi şi membrană bazală discontinue, având peretele format din celule aplatizate aparţinând – ca funcţie – sistemului reticulo-endotelial [→ Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR].
- *Chilomicron* = particulă sferică de lipoproteine plasmatice care asigură transportul în plasmă al trigliceridelor, fosfolipidelor şi al colesterolului exogen din intestin (după absorbţie) până la ţesuturi.
- *Dextrine* = amestec de oligozaharide rezultat din hidroliza parţială a amidonului.
- *Emulsionare* = dispersare sub formă de sistem coloidal a unor lichide nemiscibile (ex.: apă şi trigliceride), în care unul dintre lichide este foarte fin dispersat, în particule de mărimea micrometrilor.
- *Enterocit* = celulă epitelială cilindrică din mucoasa intestinală, prevăzută la polul apical cu un platou striat (margine „în perie"), având rol în fenomenele de secreţie a unor enzime şi în absorbţia intestinală.
- *Enzimă = ferment* = substanţă de natură proteică ce activează – în cantitate foarte mică – o reacţie biochimică într-un organism viu, fără a intra în compoziţia substanţelor din reacţie.
- *Floră intestinală* = speciile de bacterii saprofite (reprezentate mai ales prin tulpini nepatogene de Escherichia coli) care au habitatul în intestinul gros şi coexistă în calitate de comensali cu organismul-gazdă, fără a provoca tulburări.

- *Gelatină* = substanţă proteică coloidală preparată prin fierberea unor structuri bogate în colagen din corpul unor animale (piele, tendoane, vase). Utilizată în farmacie şi în industria alimentară.
- *Haustră* = segment scurt din intestinul gros, dilatat în formă de pungă, cuprins între două incizuri şi care conferă colonului aspectul segmentat (net vizibil la examenul radiologic cu mediu de contrast = sulfat de bariu).
- *Hepatocite* = celulele proprii ale ficatului (alcătuiesc parenchimul hepatic) de formă poliedrică, mărimea 25-30 µm, având – printre alte funcţii – rol în conjugarea bilirubinei şi secretarea ei (ficatul mai cuprinde şi alte tipuri de celule).
- *Hidroliză* = proces chimic prin care o substanţă macromoleculară este scindată în componentele ei mai mici, prin introducerea unui număr corespunzător de molecule de apă sub acţiunea unei enzime catalizatoare.
- *Hil* → Cap. 6 – APARATUL RESPIRATOR
- *Hipocondru* → Fig. 9.3 – Împărţirea topografică a peretelui abdominal anterior (regiunile).
- *Intramural* = în grosimea peretelui.
- *Macronutrienţi* = principiile alimentare de bază, calorigene şi necesare în raţia alimentară zilnică în cantităţi de ordinul zecilor de grame: proteinele, lipidele şi glucidele.
- *Mezou* = repliu peritoneal care leagă peritoneul visceral din jurul unui organ cu peritoneul parietal, asigurând astfel o relativă mobilitate a organului respectiv. Organele cu mezou sunt deci intraperitoneale (jejuno-ileonul, colonul transvers, colonul sigmoid).
- *Mezenter* = mezoul intestinului subţire.
- *Micelii* = agregate moleculare de dimensiuni mici, cu o anumită orientare, având o extremitate hidrofilă (care reţine molecule de apă) şi una hidrofobă (care NU reţine apa).
- *Microvili* = expansiuni citoplasmatice microscopice, acoperite de membrana celulară, care se găsesc de obicei la polul apical (cel de la vârf, cel superior) al celulei şi care măresc suprafaţa de schimb a acesteia cu mediul ambiant.
- *Parenchim* = totalitatea celulelor specifice şi funcţionale ale unui organ dens (compact, ex.: ficat, splină, rinichi) sau ale unei glande.
- *Peristaltism* = *mişcări peristaltice* = contracţii inelare ale muşchilor netezi din peretele tubului digestiv, sub forma unor unde succesive care se propagă din partea superioară spre cea inferioară a stomacului sau a intestinului, propulsând astfel conţinutul din lumen.

- *Plex* = rețea de fibre nervoase, prevăzută sau nu și cu ganglioni nervoși (aceștia fiind de fapt conglomerate de neuroni).
- *Polimer* = substanță organică macromoleculară, formată prin unirea mai multor molecule mici care au același tip și care se numesc monomeri. Ex.: glicogenul este un polimer de glucoză.
- *Proenzimă* = forma precursoare, inactivă, a unei enzime care devine activă numai prin intervenția unui alt factor (ex.: pepsinogenul secretat de celulele fundice din stomac, activ doar sub acțiunea HCl; tripsinogenul, secretat de pancreas, activ doar sub acțiunea enterokinazei).
- *Substanță endogenă* = produsă în organism (opusul este *substanță exogenă*, care a fost produsă în afara organismului dar care a pătruns în el).
- *Treponema pallidum* = spirochetă, agentul etiologic (cauzal) al sifilisului.
- *Virusul rabic* = virusul turbării.
- *Viscer* = organ intern, situat în cavitatea toracică, abdominală sau pelvină (în bazin).

Aparatul digestiv are drept funcții digestia mecanică și chimică a alimentelor introduse în organism, absorbția principiilor alimentare rezultate din procesul de digestie și eliminarea din intestin a reziduurilor nedigerate și neabsorbite (fig. 9.1).

9.1. TUBUL DIGESTIV
[The alimentary canal (The gastrointestinal tract)]

Ceea ce caracterizează tubul digestiv este structura asemănătoare a peretelui în toate segmentele lui și anume (dinspre lumen spre exterior):

– **Tunica mucoasă** alcătuită dintr-un epiteliu pavimentos stratificat în segmentele superioare – unde are loc doar transportul alimentelor (cavitatea bucală, faringele și esofagul, deci organe cu funcție mecanică) – și dintr-un epiteliu cilindric unistratificat în segmentele inferioare – unde se desfășoară procesele mai complexe de secreție și absorbție (stomacul, duodenul, jejuno-ileonul și colonul);

– **Musculara mucoasei** *(muscularis mucosae)* este un strat foarte subțire de fibre musculare netede care se află între tunica mucoasă și

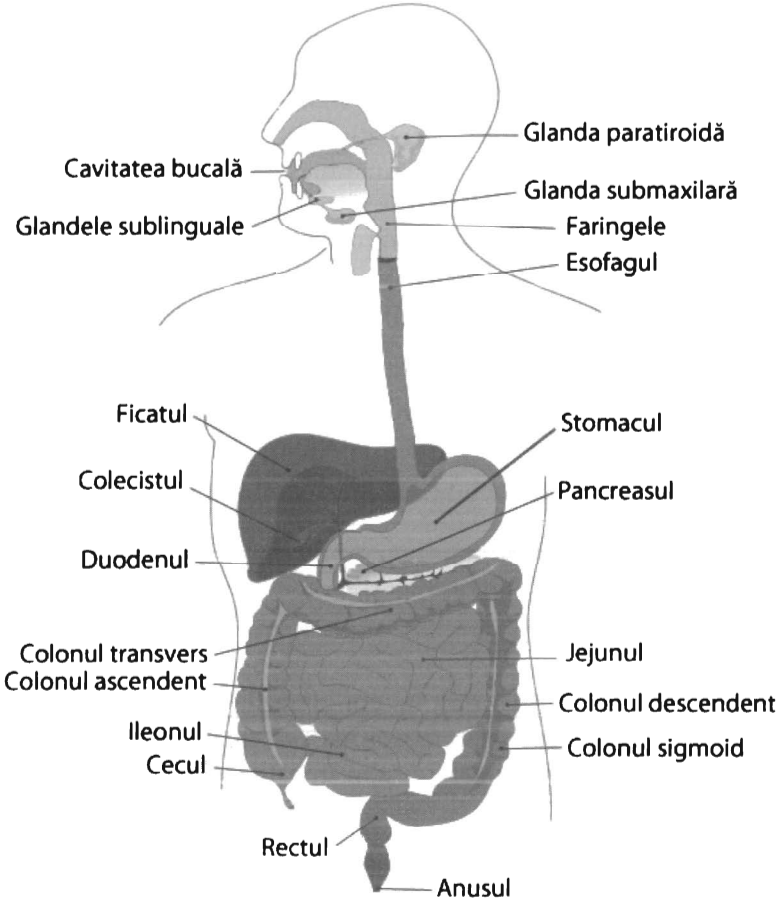


Fig. 9.1 – Aparatul digestiv: vedere de ansamblu.

submucoasă de la esofag şi până la anus. Acest strat muscular contribuie la menţinerea pliurilor (cutelor) mucoasei înspre lumen;

– **Tunica submucoasă**, formată din ţesut conjunctiv lax, este înzestrată cu o vascularizaţie capilară bogată şi cu o reţea de fibre nervoase vegetative alcătuind plexul submucos Meissner.

– **Tunica musculară** efectuează contracţii care asigură mişcările pereţilor tubului digestiv şi progresia conţinutului său. Până la treimea medie a esofagului ea este formată din fibre musculare striate (îndeplinind timpii voluntari ai deglutiţiei). De aici în continuare este formată numai din fibre musculare netede dispuse în două straturi: cel intern cu fibrele aşezate circular şi cel extern având fibrele orientate longitudinal. Anticipăm menţionând că în peretele colonului stratul muscular longitudinal are o dispoziţie parti-

cular, fiind înmănunchiat în 2-3 benzi musculare înguste (numite tenii), care parcurg întreaga lungime a lui. Tunica musculară găzduieşte încă o reţea de fibre nervoase vegetative, formând plexul mienteric Auerbach. În zonele de trecere de la un segment al tubului digestiv în segmentul următor apar inele musculare *(sfinctere)*, rezultate din îngroşarea locală a fibrelor circulare, care prin contracţia lor împiedică revenirea conţinutului digestiv în contra sensului şi – în anumite cazuri patologice – pot bloca temporar tranzitul normal. Există un sfincter la trecerea din esofag spre stomac (sfincterul cardia), la trecerea din stomac spre duoden (sfincterul piloric), la deversarea canalului coledoc şi a canalului pancreatic în duoden (sfincterul Oddi), la trecerea din ileon spre cec (sfincterul ileocecal), la nivelul canalului anal (sfincterul anal). De notat că există şi un sfincter anal alcătuit din fibre musculare striate – deci supus voinţei – şi care asigură reţinerea în cazul nevoii imperioase de a defeca.

– **Tunica externă (adventicea)** are o alcătuire diferită, fiind formată din ţesut conjunctiv lax la exteriorul faringelui, esofagului şi părţii inferioare a rectului. La exteriorul stomacului, duodenului, jejuno-ileonului şi colonului adventicea este constituită din ţesut conjunctiv dens şi este acoperită de foiţa viscerală a peritoneului.

TABELUL 9.1

Principalele componente ale aparatului digestiv

	Segmentul	**Componente; observaţii**
Tubul digestiv	Cavitatea bucală	Limba, dentiţia
	Faringele	= Spaţiul unde calea digestivă se intersectează cu căile respiratorii superioare
	Esofagul	
	Stomacul	
	Intestinul subţire	Duodenul (4 porţiuni)
		Jejuno-ileonul
	Colonul (intestinul gros)	Cecul, colonul ascendent, colonul transvers, colon descendent, colonul sigmoid
	Rectul şi canalul anal	= Porţiunea terminală a intestinului gros
Anexele tubului digestiv	Glandele salivare (perechi)	Parotidă, submaxilară, sublinguală
	Ficatul	Glandă cu funcţii complexe şi multiple
	Pancreasul	Glandă mixtă
	Peritoneul	Membrană seroasă

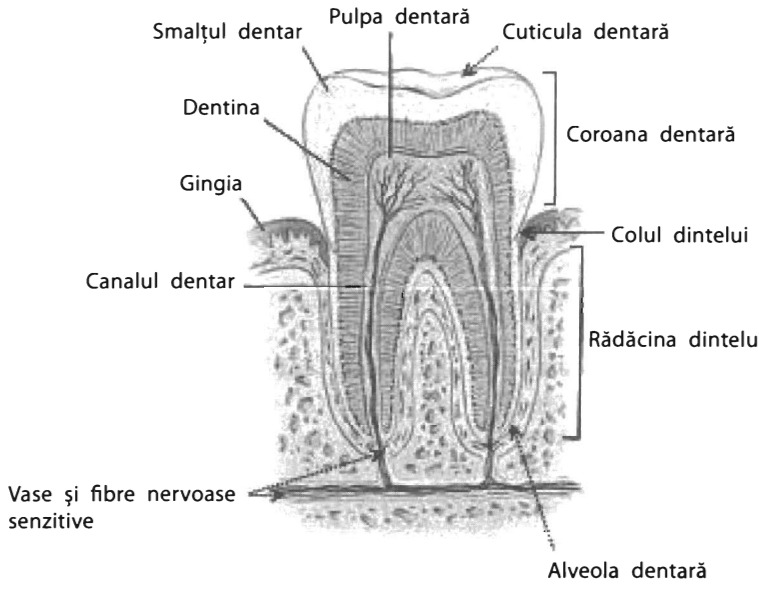


Fig. 9.2 – Structura dintelui.

9.1.1. CAVITATEA BUCALĂ *[Mouth]*

Este primul segment al tubului digestiv şi poate fi comparată – aproximativ – cu un cub având drept faţă ventrală, deschiderea prin orificiul bucal (delimitat de cele două buze), drept faţă dorsală, deschiderea spre faringe (istmul buco-faringian), faţa caudală este reprezentată prin planşeul bucal, alcătuit din mai multe straturi musculare, faţa cranială este formată din bolta palatină plus vălul palatin (care prin ridicare închide comunicarea dintre cavitatea bucală şi fosele nazale) având ataşată lueta (omuşorul), iar feţele laterale din mucoasa obrajilor (mucoasa jugală).

Arcadele dentare (superioară şi inferioară) împart cavitatea bucală în vestibulul bucal – situat între aceste arcade şi mucoasa bucală – şi cavitatea bucală propriu-zisă.

Dinţii sunt implantaţi pe arcadele dentare. Dentiţia definitivă (constituită complet la 24-25 de ani prin apariţia celui de al III-lea molar „măseaua de minte") cuprinde 32 de dinţi, repartizaţi la fel pe fiecare hemiarcadă dentară, adică: 2 incisivi, 1 canin, 2 premolari, 3 molari (măsele)*].

* Cu titlu informativ, amintim că dentiţia temporară = „de lapte" (care apare la sugari la vârsta de 6-8 luni, este completă la 2½ ani şi ulterior se schimbă până la 12 ani) numără 20 de dinţi, având pe fiecare hemiarcadă 2 incisivi, 1 canin şi 2 premolari. Lipsesc deci molarii.

Din structura unui dinte fac parte: rădăcina (partea implantată în arcada dentară), colul dintelui (segmentul de legătură) şi coroana dentară (partea vizibilă a dintelui) [→ Fig. 9.2]. În interiorul dintelui, la molari există cavitatea pulpară, umplută cu ţesut conjunctiv şi conţinând o ramificaţie nervoasă (responsabilă de durerile din cursul manoperelor dentare!). În coroana dintelui intră masa dură, reprezentată prin dentină, acoperită de smalţul dentar peste care se aşterne cuticula smalţului. Compoziţia chimică a dintelui arată un conţinut mare în fosfat tricalcic.

Limba este un organ musculo-fibros, ocupând cea mai mare parte a cavităţii bucale, având rol în masticaţie, deglutiţie, articularea cuvintelor, sensibilitatea locală tactilă, termică şi dureroasă şi în plus fiind purtătoarea receptorilor gustativi, adăpostiţi în papilele gustative [→ Cap. 5.7 – ANALIZATORUL GUSTATIV]. Inervaţia senzitivă a limbii este reprezentată de ramuri din n. trigemen (V) şi n. vag (X), cea senzorială (specializată) prin ramuri ale n. facial (VII) şi ale n. glosofaringian (IX), cea motorie prin n. hipoglos (XII).

9.1.2. FARINGELE *[Pharynx]* [→ Fig. 6.2, la APARATUL RESPIRATOR]

Este un conduct musculo-fibros unde calea digestivă intersectează căile respiratorii superioare. Pereţii faringelui sunt căptuşiţi pe toată suprafaţa cu o mucoasă formată din epiteliu pavimentos stratificat. Peste acesta se află musculatura, alcătuită din fibre striate, dispusă într-un strat intern cu fibre circulare (având funcţie constrictoare) şi un strat extern cu fibre longitudinale (având funcţie ridicătoare). Faringele comunică succesiv (craniocaudal) în partea anterioară cu fosele nazale prin coanele nazale (porţiune denumită *nazofaringe*), cu cavitatea bucală prin istmul buco-faringian (porţiune denumită *bucofaringe* sau *orofaringe*), iar în partea antero-inferioară cu laringele (porţiune denumită *laringofaringe*). În nazofaringe se deschide trompa Eustachio care face legătura cu urechea medie. (Astfel se explică uşurinţa cu care rinofaringita acută se poate complica cu o otită medie.) Faţa dorsală a faringelui se sprijină pe corpii vertebrali din regiunea cervicală. La partea inferioară faringele se continuă cu esofagul. Inervaţia faringelui este asigurată de nervii cranieni glosofaringian (IX) şi vag (X) care acţionând asupra musculaturii faringiene au un rol important în desfăşurarea actului de deglutiţie.

9.1.3. ESOFAGUL *[Esophagus]* [→ Fig. 6.5, în Cap. 6]

Este un conduct musculos, orientat vertical, situat posterior faţă de trahee, având la adult lungimea de 25-30 cm. Structura peretelui esofagian a fost descrisă la începutul capitolului. În stare de repaus, lumenul esofagu-

lui este turtit. Esofagul face legătura între faringe şi stomac şi se dilată (până la anumite limite) în funcţie de mărimea bolului alimentar care îl traversează. Inervaţia esofagului este reprezentată de ramuri din n. vag (X) cu acţiune parasimpatică şi din fibre ale sistemului simpatic provenite din plexul periesofagian, având fibrele de origine în ganglionii simpatici toracali.

9.1.4. STOMACUL *[Stomach]*

Este situat în cavitatea abdominală, imediat sub diafragm, proiectându-se în cea mai mare parte în epigastru [→ Fig. 9.3]. Are forma aproximativă a literei J şi constituie porţiunea cea mai dilatată a tubului digestiv, având un rol funcţional multiplu în procesul de digestie mecanică şi chimică. Intrarea din esofag în stomac se face prin *orificiul cardia*, care este străjuit de un sfincter cu rol bine precizat: nu lasă bolul alimentar să revină din stomac în esofag. Ieşirea din stomac spre segmental următor – duodenul – se face prin *orificiul piloric*, străjuit de sfincterul piloric, cu rolul de a menţine închisă trecerea până la definitivarea digestiei gastrice. Stomacului i se descriu următoarele componente, repartizate în cele două porţiuni principale ale lui: porţiunea verticală şi porţiunea orizontală [→ Fig. 9.4]:

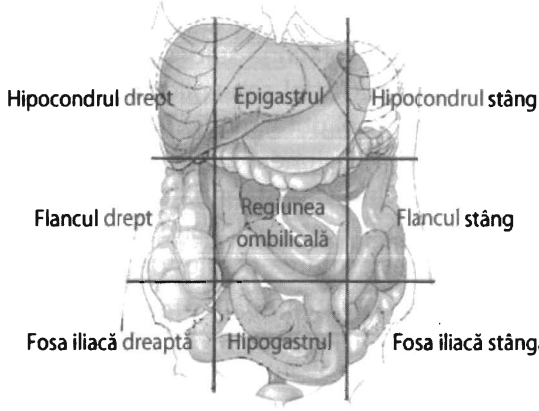


Fig. 9.3 – Împărţirea topografică a peretelui abdominal anterior (regiunile).

– În porțiunea verticală, cel mai cranial se află **fornixul** (**regiunea fundică** sau **fundul stomacului)** unde este localizată punga cu aer; dedesubt urmează corpul stomacului.

– În porțiunea orizontală se succed **antrul piloric** urmat de **canalul piloric** ce se termină la **orificiul piloric**.

Toată configurația descrisă este limitată în partea stângă de ***marea curbură*** (care ține până la limita dintre stomac și duoden) și în dreapta de ***mica curbură***.

Mucoasa gastrică este alcătuită dintr-un epiteliu unistratificat cilindric, prezintă numeroase cute și mai multe tipuri de glande cu următoarea distribuție: în regiunea cardiei și a pilorului, glande bogate în mucus; în regiunea fundică și în corpul stomacului sunt glande mai complexe, cu celule care secretă pepsinogen (enzimă proteolitică în forma inactivă), celule diferențiate pentru secreția de acid clorhidric și celule care secretă mucus.

Musculatura stomacului este dispusă pe trei straturi: cel intern cuprinde fibre oblice, cel mijlociu fibre circulare și cel extern fibre longitudinale. Această complexitate a peretelui muscular corespunde rolului pe care stomacul îl are în dinamica digestiei.

Inervația stomacului (dublă, vegetativă și antagonistă) este asigurată pentru sistemul parasimpatic de ramuri ale nervilor vagi, iar pentru sistemul

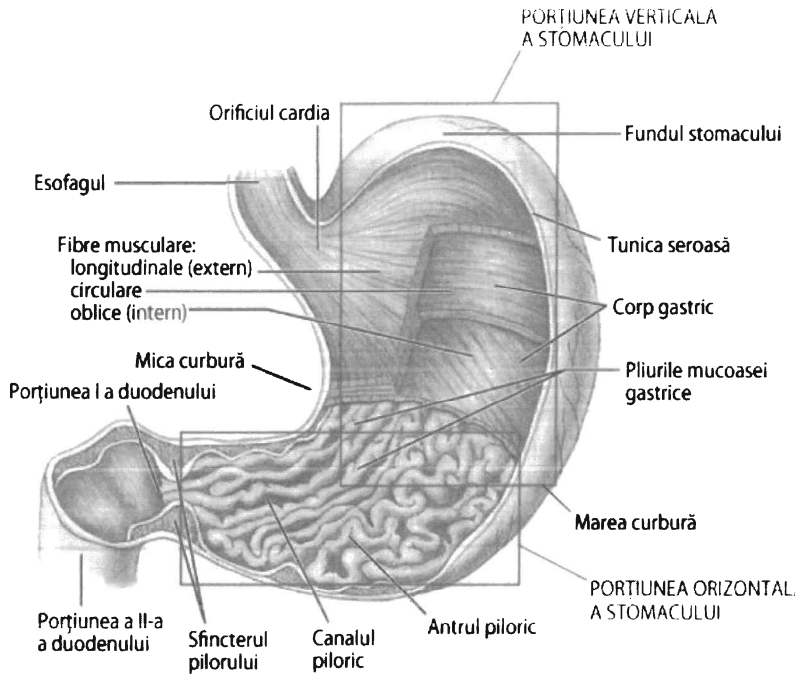


Fig. 9.4 – Stomacul văzut anterior: părți componente și structura pereților.

simpatic de fibre cu originea în plexul celiac. Reamintim existența plexurilor Meissner (în submucoasă) şi Auerbach (în tunica musculară).

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA STOMACULUI *[Application to gastric pathology]*

Ulcerul gastric *[Peptic ulcer]*, produs în majoritatea cazurilor de bacteria spiralată *Helicobacter pylori*, este localizat de regulă pe mica curbură a stomacului sau în antrul piloric. Apariția lui este favorizată și de aciditatea crescută a conținutului gastric. Leziunea constă dintr-o pierdere de substanță în mucoasa gastrică, astfel încât se formează o nișă vizibilă la examenul radiologic al stomacului cu substanță de contrast (sulfat de bariu) și la examenul endoscopic efectuat cu sonda din fibre optice. Ca simptome, apar dureri la scurt interval după mese, vărsături, arsuri retrosternale (pirozis). Se poate complica cu perforație, hemoragie digestivă sau cicatrice la nivelul orificiului piloric, împiedicând tranzitul spre duoden (stenoză pilorică).

9.1.5. INTESTINUL SUBŢIRE *[The small intestine]*

Este organul cel mai lung al tubului digestiv (peste 4 m) şi cuprinde două segmente: duodenul şi jejuno-ileonul.

9.1.5.1. DUODENUL *[Duodenum].* Reprezintă primul segment al intestinului subțire, lumenul său continuând pe cel gastric de care este separat prin orificiul piloric străjuit de sfincterul piloric. Forma generală este aceea a unei potcoave, îmbrățișând în concavitatea sa capul pancreasului. Duodenul are o lungime de 25-30 cm şi se subîmparte în porțiunea I (orizontală, incluzând şi *bulbul duodenal*), porțiunea a II-a (verticală, incluzând şi *ampula Vater*, unde se deschid canalul coledoc şi canalul pancreatic Wirsung), porțiunea a III-a (orizontală), porțiunea a IV-a (uşor ascendentă) şi care se continuă cu jejunul (fără nici un sfincter). Limita dintre duoden şi jejun o reprezintă unghiul duodeno-jejunal. Mucoasa duodenală conține glande cu mucus şi glande de tip intestinal.

9.1.5.2. JEJUNO-ILEONUL *[Jejunum & illium].* Reprezintă partea (relativ) mobilă a intestinului subțire şi ține de la unghiul duodeno-jejunal până la valvula ileo-cecală. Mobilitatea lui se datorează poziției intraperitoneale, intestinul fiind înconjurat de foița viscerală peritoneală, care apoi se continuă cu mezenterul (lama de peritoneu de care este agățat şi care îi

permite unele mici deplasări), acesta fiind legat la rândul lui de peritoneul parietal. Partea superioară – *jejunul* este imposibil de delimitat practic de partea inferioară – *ileonul*. Ambele segmente sunt dispuse în cavitatea abdominală sub formă de anse, realizând astfel maximum de lungime a unui tub în volumul redus al cavității abdominale. Mucoasa jejuno-ileală prezintă pe toată lungimea sa cute (plici circulare), dar particularitatea ei o constituie vilozitățile intestinale răspândite cu o densitate foarte mare (20-40/mm^2). Vilozitățile sunt excrescențe ale mucoasei în formă de deget îndreptat în sus, cu înălțimea de 0,5-1,6 mm şi sunt acoperite cu un strat de celule epiteliale cilindrice, având polul apical prevăzut cu numeroşi microvili (aspect de platou striat sau margine „în perie").

Sub epiteliul vilozității există un strat conjunctiv cu o bogată rețea de capilare sanguine şi fibre musculare netede, iar în profunzimea vilozității, vasul chilifer central, plin cu limfă. Alcătuirea mucoasei intestinale – cu pliuri – şi structura vilozităților intestinale au drept consecință o mărire considerabilă a suprafeței de schimb (de fapt de activitate enzimatică şi de absorbție) între conținutul lumenului intestinal şi celulele intestinale, ajungând la cca 10 m^2. În şanțurile dintre vilozități se deschid glandele Lieberkühn. În zona profundă a mucoasei ileonului se găsesc agregate limfoide – foliculi limfoizi şi plăcile Peyer – cu funcție de apărare antibacteriană a intestinului subțire. Aceste formațiuni conțin limfocite B şi limfocite T [→ Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR].

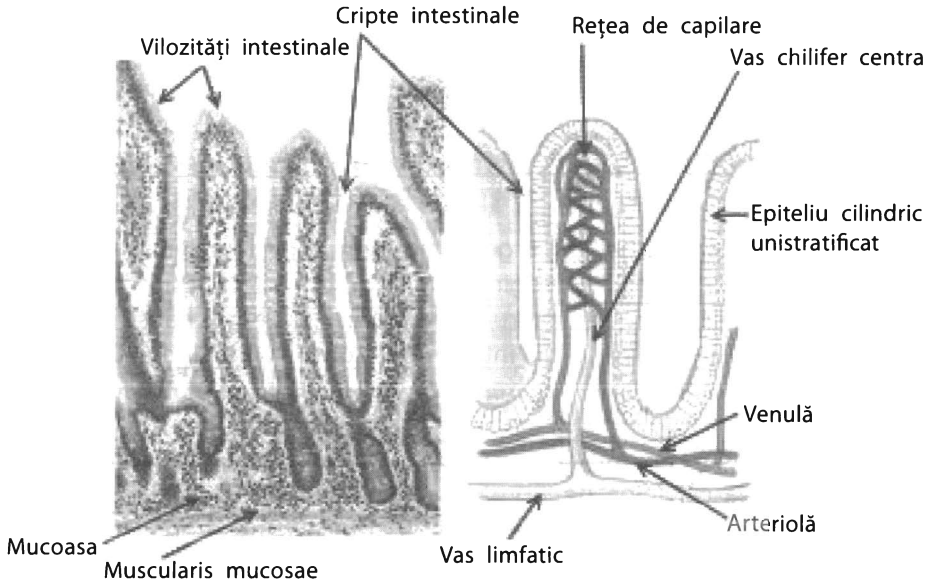


Fig. 9.5 – Vilozități intestinale: *A* – vedere la microscop; *B* – schematic.

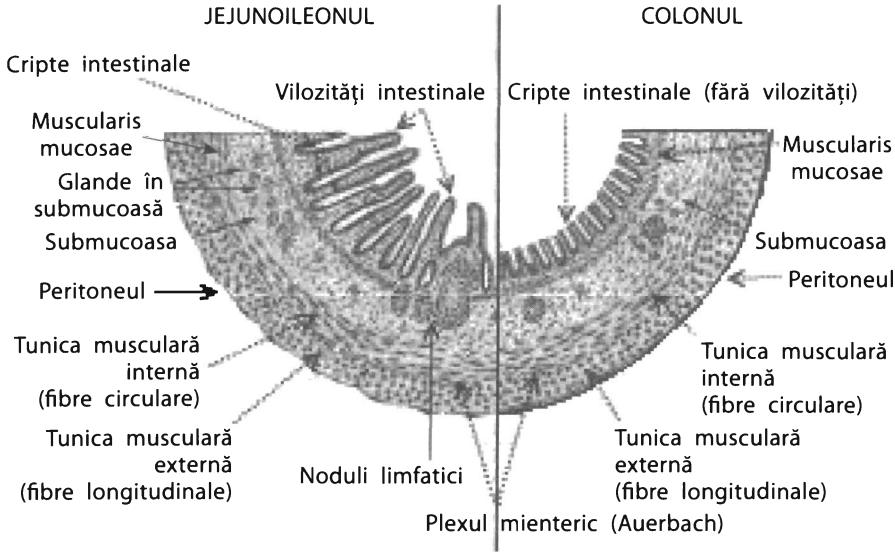


Fig. 9.6 – Structura peretelui intestinal, văzută comparativ la jejuno-ileon şi la colon.

Inervaţia jejuno-ileonului este reprezentată din partea sistemului simpatic de ramuri originare din plexul celiac şi plexul mezenteric superior, iar din partea sistemului parasimpatic de ramuri ale nervului vag (X). Se adaugă şi cele două plexuri nervoase intramurale (Meissner şi Auerbach) care aparţin de sistemul parasimpatic şi menţin automatismul intestinal (fig. 9.6).

9.1.6. INTESTINUL GROS (COLONUL) *[The large intestine]*

Ultimul segment al tubului digestiv se întinde de la valvula ileo-cecală până la orificiul anal, având o lungime totală de cca 1,5 m. Este caracterizat prin forma sa generală de „cadru colic", prin prezenţa haustrelor, prin diametrul mai mare decât cel al intestinului subţire, prin lumen mai larg; prin existenţa de pliuri semicirculare ale mucoasei şi de glande mucoase (în special în porţiunea terminală), prin absenţa vilozităţilor intestinale şi prin dispoziţia particulară a musculaturii longitudinale a peretelui (înmănuncherea tuturor fasciculelor de fibre musculare netede logitudinale în trei fâşii înguste, – *teniile*). Segmentele componente ale intestinului gros sunt, în ordine succesivă:

– **cecul**, segment foarte scurt, în formă de fund de sac, situat sub valvula ileocecală, în fosa iliacă dreaptă. În partea inferioară a cecului se află ***apen-***

dicele vermiform, organ rudimentar, lung de 5-8 cm, cu structură limfoidă (cunoscut marelui public datorită incidenței ridicate a apendicitei acute!);

– **colonul ascendent** urcă prin partea dreaptă a abdomenului și ține de la cec până la unghiul (flexura) hepatică a colonului;

– **colonul transvers** de la unghiul hepatic până la unghiul (flexura) splenic al colonului. Este (relativ) mobil, fiind prevăzut cu mezocolonul transvers;

– **colonul descendent**, coboară de la unghiul splenic pe partea stângă a abdomenului până la creasta iliacă stângă;

– **colonul sigmoid** (denumit astfel deoarece are foma literei greceşti sigma) este în continuarea celui descendent şi se termină în dreptul vertebrei S3, de unde se continuă cu rectul;

– **rectul** (dilatație sub formă de ampulă) vine anterior în raport la bărbat cu vezica urinară, iar la femeie cu uterul; posterior este în raport cu osul sacru. Rectul se continuă cu ***canalul anal*** (totalizând o lungime de 16-18 cm) şi se termină cu ***orificiul anal*** care comunică cu exteriorul. Canalul anal este prevăzut cu ***sfincterul anal intern*** (având inervație vegetativă şi fibre musculare netede, deci nesupus voinței) şi la capătul lui cu ***sfincterul anal extern***, prevăzut cu fibre musculare striate (deci supus voinței). În submucoasa rectului se află un plex venos bogat, ***plexul hemoroidal***, prin care sistemul venos cav inferior face anastomoză cu sistemul venos port.

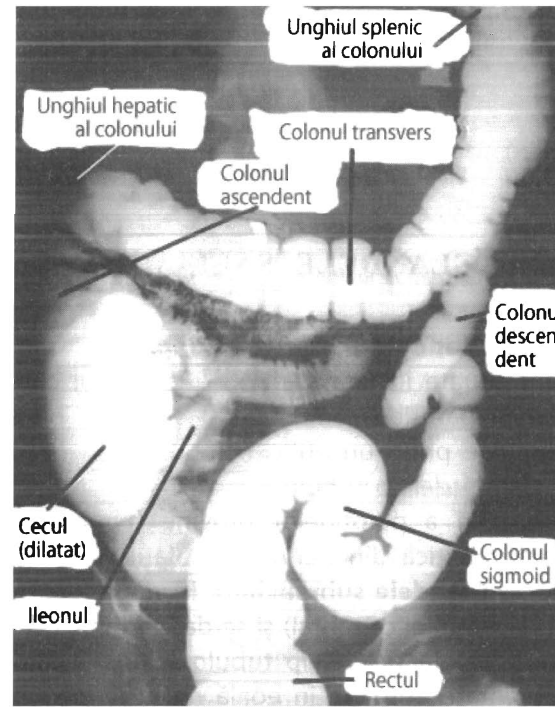


Fig. 9.7 – Radiografie intestinală cu substanță de contrast (sulfat de bariu). Se disting clar haustrele la colonul transvers şi la cel descendent, de asemenea forma de literă sigma a colonului sigmoid.

Inervaţia colonului este vegetativă, dublă şi antagonistă, fiind furnizată de plexul mezenteric superior pentru jumătatea sa dreaptă şi de plexul mezenteric inferior pentru jumătatea stângă, exceptând rectul. Ambele plexuri aduc fibre atât din partea sistemului simpatic, cât şi din partea sistemului parasimpatic. Rectul este inervat de fibre din plexul hipogastric. Sfincterul anal extern primeşte fibre de la nervii ruşinoşi.

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA INTESTINALĂ *[Application to intestinal pathology]*

Rectocolita ulcero-hemoragică *[Ulcerative colitis]* este o boală inflamatorie a colonului şi rectului cu leziuni importante pe mucoasă (distrugeri de ţesut cu pierderi de substanţă). Produce diaree cronică cu scaune sanguinolente, dureri abdominale şi slăbire. Este considerată o boală autoimună (cu autoanticorpi care acţionează împotriva propriilor structuri ale organismului) [→ Cap. 14 - SISTEMUL IMUNITAR]. Evoluţia se desfăşoară sub formă de puseuri (perioade de acutizare şi de agravare, separate prin perioade de ameliorare). Tratamentul constă din dietă alimentară, medicamente cu efect antiinflamator şi substanţe care blochează atât formarea de anticorpi, cât şi reacţiile produse de aceştia în organism.

9.2. ANEXELE TUBULUI DIGESTIV *[Annexa of the alimentary canal]*

9.2.1. GLANDELE SALIVARE *[The salivary glands]*

• **Glandele parotide (dreaptă şi stângă)** ocupă lojile parotidiene care sunt situate în faţa şi puţin dedesubtul conductului auditiv extern. Fiecare glandă parotidă comunică cu cavitatea bucală prin *canalul Stenon*, care se deschide printr-un orificiu situat în mucosa jugală (mucoasa obrajilor). Este o glandă de tip tubulo-acinos în care predomină celulele seroase. Inervaţia simpatică a parotidelor provine din lanţul ganglionilor cervicali, iar cea parasimpatică din nervul glosofaringian (IX).

• **Glandele submaxilare (dreaptă şi stângă)** sunt adăpostite de mandibulă (ramul ei orizontal) şi se deschid în cavitatea bucală prin *canalul Wharton*. Sunt tot glande de tip tubulo-acinos, având celule seroase şi mucoase, reprezentate aproape în egală măsură. Inervaţia simpatică provine din lanţul

ganglionilor cervicali, iar cea parasimpatică din ramura eferentă vegetativă a nervului facial (VII).

• **Glandele sublinguale** (mai multe) se află în grosimea planşeului bucal şi se deschid sub limbă prin *canalele Rivinus*. Sunt tot glande de tip tubuloacinos, unde predomină însă celulele mucoase. Inervaţia simpatică provine din lanţul ganglionilor cervicali, iar cea parasimpatică din ramura eferentă vegetativă a nervului facial (VII).

Asupra glandelor salivare, sistemul simpatic are drept efect producerea vasoconstricţiei, urmate de o secreţie salivară vâscoasă, pe când sistemul parasimpatic produce vasodilataţie şi o secreţie salivară apoasă.

9.2.2. FICATUL *[Liver]*

9.2.2.1. CONFIGURAŢIA ŞI STRUCTURA FICATULUI (fig. 9.8). Este cea mai mare glandă din organism (cântăreşte în medie 1.500 g) şi are funcţii multiple, nu numai glandulare. Ca topografie, se află situat în cavitatea abdominală, imediat sub cupola diafragmatică, proiectându-se în cea mai mare parte în hipocondrul drept, dar cu extindere şi în epigastru până spre hipocondrul stâng [→ Fig. 9.3]. La exterior, prezintă faţa cranială (superioară) convexă, cu doi lobi vizibili *(lobul drept şi lobul stâng)* şi care este mulată pe curbura diafragmului.

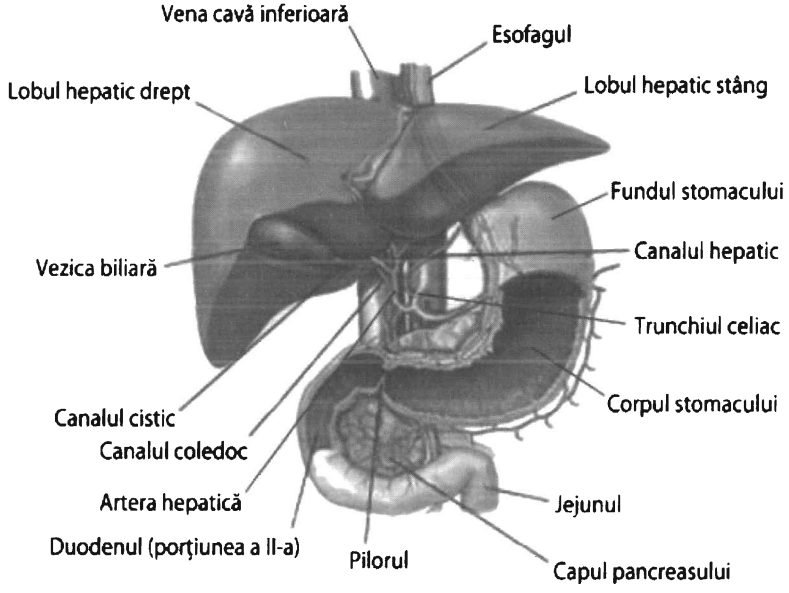


Fig. 9.8 – Configuraţia externă a ficatului şi raporturile lui cu unele organe învecinate.

Fața caudală (inferioară) este plană și împărțită în 4 lobi inegali prin șanțuri care schițează litera H. Șanțul sagital (longitudinal) drept separă *lobul hepatic drept* (cel mai mare) de *lobul pătrat* (în partea ventrală) și de *lobul caudat* (în partea dorsală). În partea ventrală a șanțului sagital drept este adăpostită vezica biliară (colecistul), iar prin partea sa dorsală trece vena cavă inferioară. Lobul pătrat și lobul caudat sunt separați de *lobul hepatic stâng* (mult mai mic decât cel drept) prin șanțul sagital (longitudinal) stâng. În partea ventrală a acestui șanț se află ligamentul rotund al ficatului (acest ligament este de fapt vestigiul venei ombilicale din viața embrionară care, după naștere, se obliterează [= se înfundă, se astupă]) [→ Fig. 9.9]. În partea dorsală a șanțului sagital stâng se află un fost canal venos din viața embrionară, obliterat și el după naștere. Între lobul pătrat și lobul caudat al ficatului se află șanțul transversal, unde se situează *hilul hepatic*. Pe aici pătrund în ficat: artera hepatică (ramură a trunchiului celiac), vena portă (care imediat înainte de intrare se divide în două ramuri egale), vasele limfatice ale ficatului; prin hil iese din ficat canalul hepatic pe unde se elimină bila. (***Atenție***, venele hepatice în număr de 2-3 NU ies prin hil, ci prin fața cranială convexă a ficatului!)

Din punct de vedere funcțional, trebuie ținut seama de împărțirea ficatului NU în cei patru lobi de pe fața inferioară, ci în cei doi lobi vizibili pe fața superioară, deoarece astfel se divid vena portă, artera hepatică precum și canalele hepatice (înainte de confluarea lor într-un canal comun).

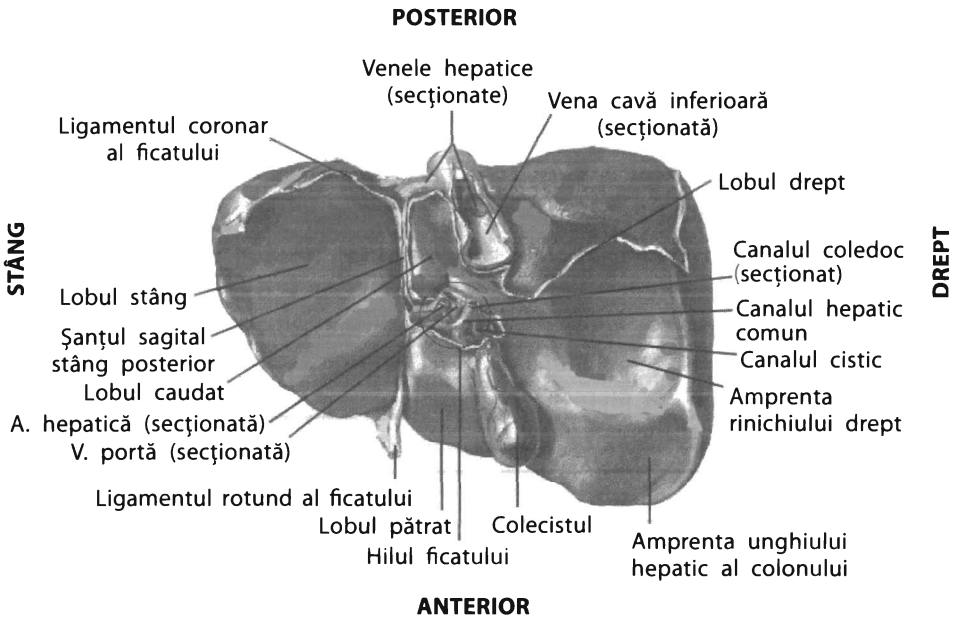


Fig. 9.9 – Fața inferioară a ficatului cu lobulația și formațiunile adiacente.

Structura histologică a ficatului arată că unitatea sa morfo-funcțională este *lobulul* (NU lobul!) hepatic, în a cărui alcătuire intră (fig. 9.10):

– cordoane de hepatocite dispuse radiar, anastomozate şi înaintând convergent spre centrul lobulului. Totalitatea hepatocitelor din ficat alcătuiesc parenchimul hepatic;

– canaliculele biliare intralobulare, care NU au pereți proprii şi sunt situate între cordoanele de hepatocite, de unde primesc produsul de secreție al acestora, bila;

– în prelungirea canaliculelor biliare intralobulare, spre periferia lobulului hepatic, se formează canalele biliare interlobulare care au perete propriu şi care – unindu-se progresiv – formează în final două canale hepatice colectoare scurte (drept şi stâng). Acestea se unesc în hilul hepatic formând canalul hepatic care se va uni mai jos cu canalul cistic;

– la periferia lobulului hepatic există ramuri ale venei porte (venule) de unde pleacă spre centrul lobulului o rețea de capilare sinusoide, care converg spre vena centrolobulară (de fapt este venulă). Din unirea numeroaselor vene centrolobulare se formează cele 2-3 vene hepatice, care ies pe fața superioară (convexă) a ficatului;

– tot la periferie, lobulul este circumscris de ramuri ale arterei hepatice (arteriole), care deversează sângele arterial în aceleaşi capilare sinusoide.

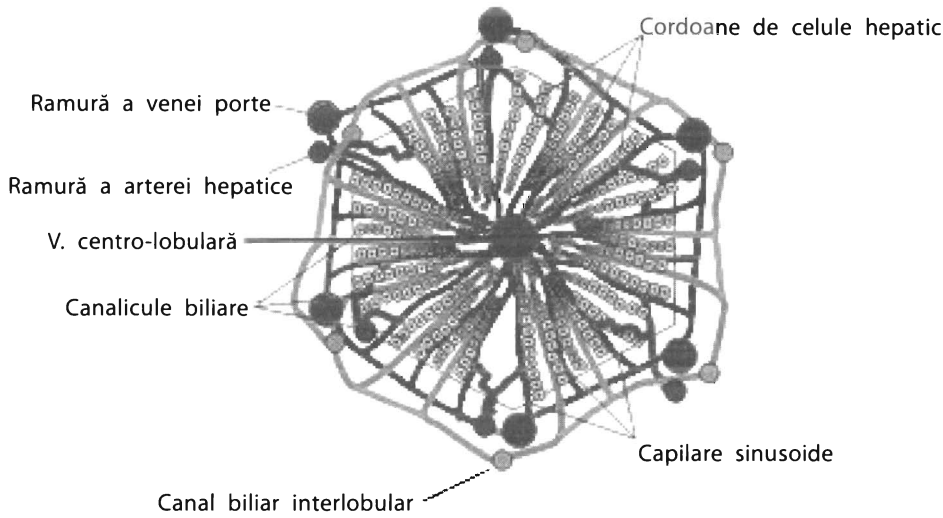


Fig. 9.10 – Aspectul histologic al lobulului hepatic.

Între lobulii hepatici se află mici zone (spațiile Kiernan) unde sunt adăpostite în țesut conjunctiv următoarele formațiuni: câte o ramură mică a arterei hepatice, o ramură mică a venei porte, un vas limfatic şi un canal

biliar interlobular. De aici pleacă reţeaua vasculară şi limfatică din jurul lobulului hepatic.

9.2.2.2. VASCULARIZAŢIA NUTRITIVĂ ŞI FUNCŢIONALĂ A FICATULUI. INERVAŢIA FICATULUI. Vascularizaţia nutritivă a ficatului este reprezentată de artera hepatică (provenită din trunchiul celiac) cu ramificaţiile ei (lobare, segmentare, interlobulare), care transportă oxigenul şi care se capilarizează la nivelul lobulului hepatic, ajungând în final în capilarele sinusoide intralobulare.

Vascularizaţia funcţională este reprezentată de vena portă [→ Fig. 7.9 în Cap. 7] cu ramificaţiile ei (lobare, segmentare, interlobulare), care aduc nutrienţii absorbiţi prin vilozităţile intestinale şi se capilarizează la nivelul lobulului hepatic, formând capilarele sinusoide. Acestea converg toate spre vena centrolobulară (care este de fapt o venulă). Confluarea succesivă a mai multor vene centrolobulare în vene tot mai mari duce la formarea celor 2-3 vene hepatice cu deschidere în vena cavă inferioară.

Succesiunea venelor aparţinând sistemului port hepatic este – în rezumat – următoarea: vena portă → cele două ramuri ale acesteia care pătrund în ficat prin hilul hepatic (= şanţul transvers de pe faţa inferioară) → ramificare în vene din ce în ce mai mici care ajung în profunzimea ficatului prin spaţiile Kiernan → deversare în numeroasele capilare sinusoide (care parcurg radiar lobulul hepatic, convergând spre centrul acestuia) → unirea tuturor capilarelor sinusoide dintr-un lobul hepatic în vena centrolobulară → unirea acestor vene în vene cu calibru din ce în ce mai mare → reunirea tuturor venelor în cele 2-3 vene hepatice care sunt tributare ale venei cave inferioare.

Inervaţia vegetativă a ficatului pentru sistemul simpatic provine din plexul celiac, iar cea pentru sistemul parasimpatic din nervii vagi (inclusiv cea pentru vezica biliară).

9.2.2.3. CĂILE BILIARE INTRA- ŞI EXTRAHEPATICE

- **Căile biliare intrahepatice → Structura histologică a ficatului** (a se vedea mai sus).
- **Căile biliare extrahepatice** sunt: ***canalul hepatic*** (care iese prin hilul hepatic), ***canalul cistic*** (provenit de la vezicula biliară) şi ***canalul coledoc***, rezultat din confluarea celor două. Canalul coledoc se deschide în porţiunea a II-a a duodenului, în ampula Vater, împreună cu canalul pancreatic Wirsung. Deschiderea lor este străjuită de către sfincterul Oddi. ***Vezica biliară (colecistul)*** este o pungă în formă de pară, adăpostită în şanţul sagital drept anterior şi care se deschide – prin porţiunea sa mai îngustată – în canalul cistic. Ea serveşte pentru stocarea bilei secretată de

ficat până în momentul digestiei, când – prin mecanisme reflexe – se contractă şi expulzează bila înmagazinată.

În rezumat, calea parcursă de bila secretată de hepatocite (bilă conţinând bilirubină conjugată) este reprezentată în ordinea succesivă de: canaliculele biliare intralobulare (fără pereţi proprii) → canalele biliare interlobulare → cele două canale hepatice care drenează lobii drept şi stâng → canalul hepatic comun (este extrahepatic) → canalul cistic (pentru depozitare temporară în vezica biliară) → colecist (vezica biliară) → canalul cistic (pentru evacuarea colecistului) → canalul coledoc → porţiunea a II-a a duodenului.

9.2.2.4. FUNCŢIILE FICATULUI *[The liver functions].* Sunt numeroase şi se extind asupra unor activităţi şi procese foarte variate care au loc în organism. Se clasifică în funcţii digestive, funcţii metabolice, funcţii în procesul de hemostază, funcţii de detoxifiere, funcţii de depozit, funcţii de organ imunitar şi unele funcţii speciale în condiţii patologice. Cele mai importante pot fi considerate:

• **Funcţiile digestive:**

– Secreţia biliară reprezintă o activitate specifică hepatocitelor, care sintetizează componentele bilei.

– În ficat are loc conjugarea bilirubinei indirecte, adică desprinderea moleculei de bilirubină de proteina unde este legată (această combinaţie reprezintă bilirubina indirectă) şi unirea ei cu acid glicuronic (devenind astfel bilirubină directă sau conjugată), aptă de a fi eliminată prin bilă.

– Tot în hepatocite are loc sinteza de săruri biliare din aminoacizi care se combină cu cationi rezultând glicocolat de Na şi taurocolat de Na, cu rol în saponificarea, emulsionarea şi absorbţia intestinală a lipidelor.

– Ulterior, excreţia bilei se desfăşoară prin parcurgerea căilor biliare până la colecist (vezica biliară). De aici, evacuarea lor are loc intermitent (în legătură cu digestia) prin canalul cistic, apoi prin canalul coledoc spre porţiunea a II-a a duodenului, unde are loc deversarea în lumenul acestuia [→ Rolul bilei în digestie].

• **Funcţii metabolice** [→ Cap. 13 – METABOLISMUL. TERMOREGLAREA. NECESARUL NUTRIŢIONAL ŞI ENERGETIC].

~ *Rolul ficatului în metabolismul intermediar proteic:*

– Aminoacizii ajunşi la ficat în urma absorbţiei intestinale sau proveniţi din catabolismul proteinelor din organism, fie că sunt supuşi unor reacţii de degradare, dezaminare oxidativă cu formare de cetoacizi, transaminare, decarboxilare, descompunere până la nivelul elementelor chimice componente, fie că sunt utilizaţi la sinteza de noi proteine.

– Sinteza de corpi cetonici.

– Sinteza de proteine: albumine serice (serumalbumine), globuline serice (serumglobuline), proteinele care intervin în procesul de coagulare [a se vedea mai jos].

– Sinteza de enzime: transaminazele (TGO = AST şi TGP = ALT) care au rol în formarea unor noi aminoacizi.

– Sinteza creatinei, precursorul creatininei (aceasta din urmă reprezintă substanţa de deşeu, eliminată ulterior prin urină).

~ *Rolul ficatului în metabolismul intermediar glucidic.*

– Glicogenogeneza este succesiunea reacţiilor prin care are loc sinteza macromoleculelor de glicogen din glucoză (dar şi din alte monozaharide şi anume fructoza şi galactoza, transformate în prealabil în glucoză, proces pe care numai hepatocitele îl pot îndeplini). Glicogenul este forma de depozitare a glucidelor în ficat (reamintim că glicogen există şi în ţesutul muscular).

– Gluconeogeneza este totalitatea reacţiilor prin care hepatocitul poate sintetiza glicogenul (trecând prin stadiul intermediar de glucoză) din produşi de catabolism ai proteinelor şi lipidelor.

– Glicogenoliza este procesul prin care are loc depolimerizarea prin hidroliză a macromoleculelor de glicogen în glucoză care este imediat eliberată în sânge. Acest proces se desfăşoară sub control hormonal (adrenalina şi hormonii glucocorticoizi îl stimulează, iar insulina îl inhibă). Valoarea glicemiei şi menţinerea ei în limitele concentraţiei normale depind foarte mult de cele două procese antagoniste: glicogenogeneza şi glicogenoliza.

~ *Rolul ficatului în metabolismul intermediar lipidic.*

– Lipidele (grăsimile neutre şi aminoacizii), absorbite la nivelul intestinului subţire, circulă sub forma de chilomicroni, ajungând astfel în ficat, unde în hepatocite au loc mai multe tipuri de reacţii:

– Oxidarea acizilor graşi şi degradarea lor (50% se desfăşoară în ficat).

– Sinteza de noi acizi graşi şi de noi grăsimi neutre (trigliceride) din glicerină şi acizi graşi.

– Sinteza unor lipide complexe (fosfolipidele).

– Sinteza şi esterificarea colesterolului (colesterolul are mai multe fracţiuni).

• **Funcţii corelate cu procesul de coagulare** [→ Cap. 8, § 8.1.3 – HEMOSTAZA ŞI COAGULAREA SÂNGELUI]

– Sinteza următorilor factori de coagulare (în paranteză este pus numărul folosit în nomenclatura internaţională pentru desemnarea fiecărui factor): fibrinogenul (I); protrombina (II); proconvertina (VII); globulina antihemofilică B (IX); factorul Stuart-Prower (X). Factorii II, VII, IX şi X necesită pentru sinteza lor prezenţa vitaminei K.

– De notat că tot în ficat se sintetizează şi heparina, cea mai importantă substanţă anticoagulantă prin efectul ei antiprotrombinic şi antitrombinic (se prepară în industria farmaceutică şi ca produs semisintetic).

• **Funcţii de detoxifiere**

– Producerea de uree (ureogeneza) din amoniac şi CO_2.

– Inactivarea unor produşi toxici apăruţi chiar în organism (fenol, indol, scatol) sau pătrunşi în mod accidental din afară. Reacţiile de detoxifiere constau în oxidări, reduceri, metilare, formarea de produşi netoxici sub formă de compuşi sulfoconjugaţi sau glicuronoconjugaţi (combinaţi cu acidul glicuronic). Aici se include şi metabolizarea alcoolului.

• **Funcţii de depozit**. În hepatocite pentru vitaminele: A (retinol); K (naftochinonă); B_2 (riboflavină); B_6 (piridoxină); B_{12} (ciancobalamină); C (acid ascorbic).

– În celulele Kupffer (care tapetează pereţii capilarelor sinusoide din lobulul hepatic) se produce degradarea nucleului tetrapirolic din hemoglobină. Atomul de fier din hem se depozitează sub formă de feritină, în care este legat de proteina numită apoferitină (sintetizată tot în ficat). În aceleaşi celule se stochează şi cuprul.

Feritina = fier trivalent + apoferitină

– Depozit de sânge în caz de stază pe teritoriul venei cave inferioare: spre exemplu în insuficienţa cardiacă dreaptă apare hepatomegalie congestivă.

• **Diverse alte funcţii**

– Funcţii legate de sistemul reticuloendotelial: acest sistem este reprezentat în ficat prin celulele Kupffer care căptuşesc capilarele sinusoide din lobulul hepatic → Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR].

– Organ producător de căldură: temperatura ficatului este mai mare decât cea corporală şi a celorlalte organe;

– În unele condiţii patologice (anemii de tip hemolitic, forme cronice severe), în ficat apar zone de hematopoieză, funcţie care – în mod normal – există numai în viaţa intrauterină.

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA FICATULUI *[Application to the liver pathology]*

Icterul *[Jaundice]* este coloraţia galbenă a tegumentelor şi mucoaselor datorită creşterii în plasmă fie a bilirubinei directe, fie a celei indirecte, fie

a ambelor. Ficatul şi căile biliare au un rol important în apariţia diverselor tipuri de ictere şi anume:

- **icterele prehepatice** apar în urma unei hemolize masive (distrugere excesiv de intensă a eritrocitelor), urmată de eliberarea unor mari cantităţi de hemoglobină. Prin degradarea acestei substanţe se produce multă bilirubină indirectă (conjugată), pe care ficatul nu o mai poate conjuga şi elimina prin bilă. Rezultă un icter prin bilirubină indirectă crescută în plasmă;
- **icterele hepatice** (din hepatita acută virală, ciroză hepatică, intoxicaţia cu unele ciuperci) se produc din cauza leziunilor din ţesutul hepatic, care nu permit nici conjugarea bilirubinei indirecte, nici eliminarea bilirubinei conjugate. Icterul este determinat de creşterea ambelor tipuri de bilirubină în plasmă;
- **icterele obstructive** apar în urma formării unui obstacol pe căile biliare (calcul biliar, cancer de cap de pancreas). Bila nu mai poate fi deversată în duoden şi icterul este însoţit de creşterea exclusivă a bilirubinei directe (conjugată) din plasmă.

9.2.3. PANCREASUL *[Pancreas]*

Este un organ având forma generală de măciucă sau de litera J culcat, situat transversal, retroperitoneal, posterior faţă de stomac. I se descriu, de la dreapta spre stânga abdomenului: *capul* (cuprins în concavitatea potcoavei duodenale), *gâtul* (având o incizură pe unde trec artera mezenterică superioară şi vena mezenterică superioară), *corpul* (de-a lungul căruia, pe faţa superioară se poziţionează artera splenică) şi *coada* (care vine în contact cu splina). Fiind o glandă mixtă, exocrină (producătoare de enzime digestive) şi endocrină (producătoare de hormoni), cele două părţi au structuri histologice diferite (fig. 9.11).

- **Componenta exocrină** se prezintă cu structură tubulo-acinoasă, comparabilă cu a glandelor salivare (i se spunea şi „glanda salivară a abdomenului"). Aici se secretă sucul pancreatic, bogat în enzime digestive, care este colectat în final în două canale:
  - **canalul pancreatic principal Wirsung**, care se deschide împreună cu canalul coledoc (colectorul căilor biliare extrahepatice) în ampula Vater, situată în porţiunea a II-a a duodenului, având comun – pentru ambele canale – sfincterul Oddi;
  - **canalul accesor (Santorini)** care deversează o cantitate mai mică de suc pancreatic tot în porţiunea a II-a a duodenului.

Componenta endocrină se află situată în coada pancreasului în insulele Langerhans. Acestea conţin două tipuri de celule: *celulele A* (sau *alfa*)

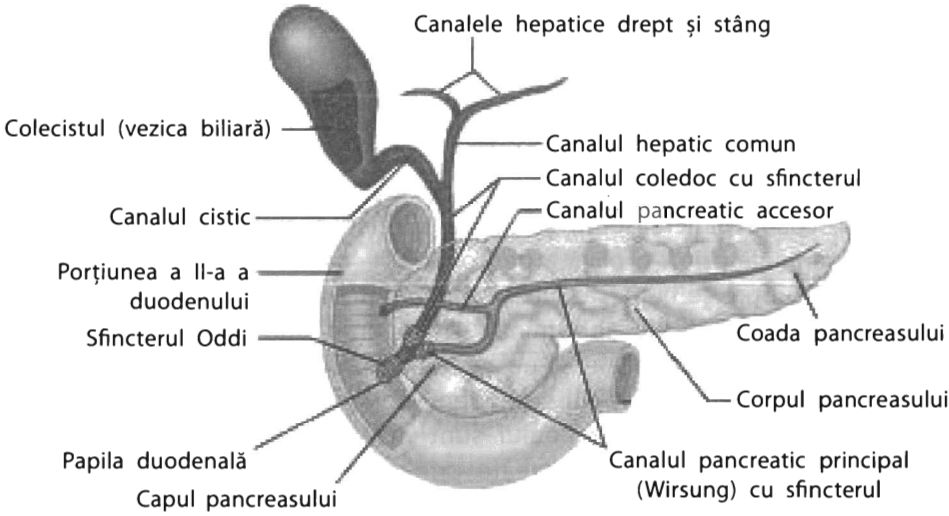


Fig. 9.11 – Pancreasul şi căile biliare extrahepatice.

care secretă *glucagonul* (hormon hiperglicemiant) şi *celulele B* (sau *beta*) care secretă *insulina* (hormon cu efect antagonist, hipoglicemiant). Ambii hormoni sunt deversaţi direct în sânge [→ Cap. 12 – GLANDELE ENDOCRINE].

Vascularizaţia pancreasului este constituită din ramuri ale arterelor: gastroduodenală (ramură a arterei hepatice), mezenterică superioară (ramură directă din aorta abdominală) şi splenică (ramură din trunchiul celiac). Reţeaua venoasă din pancreas drenează în vena splenică şi vena mezenterică superioară, ambele tributare ale venei porte.

Inervaţia vegetativă a pancreasului de provenienţă simpatică are originea în plexul celiac; cea de provenienţă parasimpatică în nervul vag (X).

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA PANCREASULUI *[Application to the pancreatic pathology]*

Pancreatita acută *[Acute pancreatitis]* - putând apărea în urma unor abuzuri alimentare sau de alcool, ori în suferinţe ale căilor biliare - este o afecţiune în care se produc modificări grave în structura pancreasului şi anume zone de hemoragie şi zone de necroză, datorită autodigestiei pancreasului prin enzimele proprii. Semnele clinice constau în dureri abdominale intense, vărsături repetate, stare de şoc (= prăbuşirea circulaţiei periferice). Poate fi mortală, deseori necesitând tratament chirurgical pentru îndepărtarea zonelor necrozate şi favorizarea drenajului de suc pancreatic pe căile normale.

9.2.4. PERITONEUL *[Peritoneum]*

Este membrana seroasă cu suprafaţă mare, alcătuită dintr-o *foiţă parietală* care căptuşeşte pereţii cavităţii abdominale şi o *foiţă viscerală* care învelеşte o mare parte din organele abdomenului. Organele complet îmbrăcate de peritoneu se numesc intraperitoneale (ex.: jejuno-ileonul, colonul transvers, coada pancreasului) şi ele au o relativă mobilitate, fiind ataşate de foiţa parietală printr-o plică a peritoneului – *mezou* [→ Fig. 9.12]. Mezoul intestinului subţire se numeşte mezenter. Spre deosebire de acestea, organele aşezate chiar la peretele abdominal şi acoperite numai de foiţa parietală sunt organe retroperitoneale şi nu au deloc mobilitate (ex.: rinichii, capul şi corpul pancreasului, colonul ascendent, colonul descendent). În realitate, înfăţişarea şi structura peritoneului sunt mai complexe, el prezentând în plus repliuri, „şorţuri" şi spaţii create prin cute peritoneale.

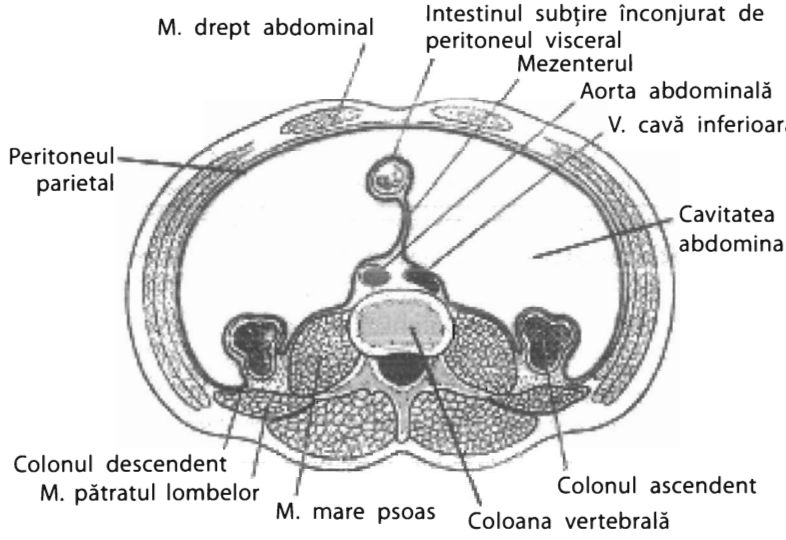


Fig. 9.12 – Peritoneul şi mezenterul. Secţiune transversală (schematică) prin abdomen. Se vizualizează de sus partea inferioară a secţiunii.

9.3. FIZIOLOGIA DIGESTIEI *[Digestion]*

Digestia cuprinde: partea mecanică sub acţiunea dinţilor şi a musculaturii tubului digestiv (= o succesiune de mişcări, frământări şi deplasări ale conţinutului tubului digestiv) şi partea chimică, sub acţiunea enzimelor

digestive (= succesiunea de modificări chimice care degradează treptat alimentele în componentele lor cele mai simple, făcându-le astfel apte pentru a fi absorbite din intestin).

9.3.1. DIGESTIA BUCALĂ *[Salivary digestion]*

În cavitatea bucală se desfăşoară masticaţia alimentelor, impregnarea lor cu salivă şi primul timp al deglutiţiei (timp voluntar).

• **Masticaţia (mestecarea)** este actul mecanic prin care alimentele solide şi semisolide introduse în gură sunt supuse acţiunii dinţilor, fiind tăiate (de către incisivi), eventual sfâşiate (de către canini), zdrobite (de premolari şi molari) şi triturate (fărâmiţate). Mişcarea principală în masticaţie o execută mandibula prin coborârile şi ridicările ei succesive, dar mai intervin limba, obrajii chiar şi buzele, toate acestea, prin mişcările lor, împingând alimentele între arcadele dentare. Fragmentarea alimentelor în urma masticaţiei măreşte suprafaţa de acţiune a enzimelor digestive asupra lor.

Masticaţia are o componentă voluntară şi una reflexă. Senzaţiile tactile, termice şi dureroase de la nivelul mucoasei bucale sunt culese de receptori care transmit informaţii pe calea nervului trigemen (V,- prin fibre senzitive din ramura maxilară şi cea mandibulară). Senzaţiile gustative, culese de receptorii specializaţi din limbă, faringe, vălul palatin sunt transmise pe calea nervului facial (VII,- ramura senzitivă), a nervului glosofaringian (IX,- prin fibre senzitive) şi a nervului vag (X,- prin fibre aferente). Ajungând la centrii nervoşi bulbo-pontini, de aici pleacă impulsuri eferente către musculatura masticatorie (muşchiul maseter, muşchiul temporal) prin fibrele motorii din ramura mandibulară a nervului trigemen (V). Prin fibrele motorii ale nervului facial (VII) sunt mobilizaţi şi muşchii obrajilor (ai mimicii) şi ai buzelor (orbicularul buzelor). Iar prin nervul hipoglos (XII,- nerv cranian exclusiv motor) sunt comandate mişcările necesare din partea limbii. Prin conexiunile care se formează între centrii bulbo-pontini ai masticaţiei şi scoarţa cerebrală, masticaţia ajunge dintr-un act voluntar să fie un act automat.

• **Secreţia salivară**, datorită activităţii celor trei perechi de glande salivare (anexe ale cavităţii bucale), glandele parotide, submaxilare şi sublinguale, poate ajunge la cantităţi apreciabile în decurs de 24 de ore: 1-2 litri. Ea scade însă considerabil în caz de deshidratare, când saliva devine foarte vâscoasă (conţinutul în apă este diminuat). În compoziţia salivei intră: apă, săruri minerale, mucus, enzime (ptialina = amilaza salivară), lizozim (substanţă organică cu efect bactericid [→ Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR].

Funcţiile salivei → Tabelul 9.2.

TABELUL 9.2

Funcţiile salivei

Acţiune	Observaţii
Înmuierea, solubilizarea şi diluarea particulelor alimentare	Influenţează astfel stimularea gustativă şi pregăteşte particulele alimentare pentru masticaţie
Formarea bolului alimentar prin lubrifiere cu mucus	Pregătirea deglutiţiei
Umidificarea mucoasei bucale	Facilitarea vorbirii
Începerea digestiei amilolitice prin ptialină (amilaza salivară) care determină hidroliza parţială a amidonului din alimente în molecule mai mici de dextrine	Această acţiune amilolitică va continua şi în stomac
Acţiune antibacteriană prin secreţia de lizozim [→ Cap. 14 – SISTEMUL IMUNITAR]	Efect limitat
Excreţia unor substanţe de provenienţă endogenă produse în exces în organism: uree, acid uric	Situaţie patologică: în insuficienţa renală
Excreţia unor substanţe toxice pătrunse accidental în organism: mercur, plumb	În unele intoxicaţii apar depozite (lizereuri) pe gingii, datorită prezenţei toxicului în salivă
Eliminarea unor germeni patogeni: virusul rabic, virusul HIV, *Treponema pallidum*	Saliva devine cale de contaminare de la bolnavii cu aceste afecţiuni!

Declanşarea secreţiei salivare se face exclusiv pe cale reflexă, cu punct de plecare de la receptorii situaţi în mucoasa bucală şi lingual, dar este posibilă (având o intensitate mai mică), prin fixarea de reflexe condiţionate şi de la receptorii olfactivi, de la receptorii vizuali (imaginea unui aliment apetisant) sau de la amintirea ori evocarea anumitor alimente. Calea parcursă de acest reflex include (în ordine succesivă): receptorii gustativi (impresionaţi de stimuli chimici, tactili, termici şi dureroşi) → fibre aferente care conduc excitaţia pe calea nervilor facial (VII), glosofaringian (IX) şi vag (X) → nucleul salivator superior din punte (care primeşte impulsuri din cele 2/3 anterioare ale limbii pe calea n. facial) şi nucleul salivator inferior din bulb (care primeşte impulsuri din 1/3 posterioară a limbii pe calea n. glosofaringian). De la aceşti nuclei pleacă fibrele eferente vegetative parasimpatice care declanşează secreţia salivară pe calea nervului facial pentru glandele submaxilare şi sublinguale şi pe calea nervului glosofaringian pentru glandele parotide. Rezultatul acţiunii sistemului parasimpatic este o salivă abundentă, dar diluată (săracă în ptialină). Inervaţia simpatică a glandelor salivare îşi are originea în primele două segmente toracale şi produce o salivă în cantitate mai mică, dar concentrată.

- **Deglutiţia** este un act parţial voluntar, parţial reflex, prin care bolul alimentar părăseşte cavitatea bucală, angajându-se în segmentele următoare ale tubului digestiv. Se desfăşoară în trei timpi:

– **Timpul bucal** este voluntar: bolul alimentar este adus pe fața dorsală a limbii, apoi împins prin contracția musculaturii limbii și a planșeului bucal în jos, spre faringe.

– **Timpul faringian** este parțial voluntar: musculatura faringelui se contractă, vălul palatin închide accesul spre coanele nazale, epiglota închide accesul spre intrarea în laringe și bolul progresează în continuare.

– **Timpul esofagian** este involuntar: mișcări peristaltice ale esofagului împing bolul alimentar spre orificiul cardia, prin care va trece spre stomac. De notat că există un sfincter al cardiei care este deschis sub acțiunea parasimpaticului și contractat (închis) sub acțiunea simpaticului. Rolul acestui sfincter este foarte important: el împiedică refluarea conținutului gastric în esofag, în timpul mișcărilor pereților stomacului, mișcări care însoțesc digestia gastrică. Demonstrarea timpului esofagian (timp activ!), s-a făcut experimental cu o persoană care înghițea și la care – deși a fost așezată cu capul în jos – bolul alimentar (de fapt substanță radiologică de contrast) a progresat antigravitațional spre stomac, datorită peristaltismului esofagian.

Reglarea deglutiției (componenta reflexă) parcurge următoarea cale: receptorii tactili de pe limbă și din faringe → fibre aferente pe calea ramurilor senzitive din nervii maxilar și mandibular (care fac parte din trigemen), a ramurii senzitive a nervului facial, a nervului glosofaringian și a ramurii faringiene a nervului vag → centrii deglutiției din bulbul rahidian → fibre eferente pe calea componentei motorii a nervului mandibular (care face parte din trigemen), a nervilor glosofaringian, vag și hipoglos (XII - nervul motor al limbii) → musculatura faringelui și a esofagului.

9.3.2. DIGESTIA GASTRICĂ *[Gastric digestion]*

Stomacul îndeplinește – în cadrul digestiei – două funcții: una motorie și una secretorie.

• **Funcția motorie a stomacului** se realizează datorită musculaturii netede din peretele gastric și modului cum aceasta este dispusă. Alimentele ajunse în stomac sunt temporar depozitate, dar această depozitare este una activă, deoarece musculatura stomacului se contractă tot timpul, realizând amestecarea alimentelor cu sucul gastric. Odată cu pătrunderea alimentelor, se declanșează contracturile mușchilor netezi care încep de pe la jumătatea stomacului. Mișcările stomacului sunt de două feluri:

– mișcări tonice (denumite de unii autori contracții peristolice) caracterizate prin contracția repetată a aceloraşi mușchi și care nu se propagă, dar asigură omogenizarea conținutului gastric și un amestec bun al alimentelor cu sucul gastric. Aceste mișcări sunt urmate de:

– mişcări peristaltice, care se propagă de la cardia spre pilor, ca o undă.

TABELUL 9.3

Sucul gastric: compoziţie, sediul glandelor, acţiuni

Grupa de componente	Substanţa	Sediul glandelor unde este secretată substanţa	Acţiune
Apă 99%;	pH = 1-2,5 (datorită acidului clorhidric)		
Substanţe anorganice	Acid clorhidric (HCl)	Secretat în regiunea fundică şi în corpul stomacului	Transformă pepsinogenul (proenzimă inactivă) în pepsină activă
	Clorură de sodiu (NaCl); clorură de potasiu (KCl)		
Substanţe organice (inclusiv enzime)	Mucus	Secretat pe toată întinderea mucoasei gastrice	Protejează mucoasa de o eventuală autodigestie produsă de pepsină şi HCl
	Pepsinogenul (proenzimă inactivă); sub acţiunea HCl se transformă în pepsină (activă)	În regiunea fundică şi în corpul stomacului	Enzimă proteolitică: după activarea prin HCl (transformarea în pepsină) scindează prin hidroliză macromoleculele de proteine în polipeptide de diferite mărimi (albumoze şi peptone)
	Labfermentul	Secretat numai la vârsta de sugar (când alimentaţia este aproape exclusiv lactată)	Produce coagularea laptelui prin transformarea cazeinogenului solubil în paracazeină care, înglobând ioni de calciu, devine paracazeinat de calciu insolubil
	Lipaza gastrică	Are rol în special la vârsta de sugar	Acţionează asupra grăsimilor emulsionate (tip lapte, frişcă, ou) scindând trigliceridele prin hidroliză în glicerină + acizi graşi
	Gelatinaza		Lichefiază gelatina

Iniţial toate aceste contracţii se desfăşoară cu sfincterul piloric închis (sub acţiunea inervaţiei simpatice), astfel încât se ajunge la omogenizarea conţinutului din stomac într-o masă semilichidă, omogenă, *chimul gastric*. Când procesul de omogenizare este încheiat, contracţiile musculare iau caracterul undelor peristaltice – sub acţiunea sistemului parasimpatic reprezentat prin fibre eferente din nervul vag – şi chimul este dirijat spre pilor,

al cărui orificiu – tot sub acțiunea parasimpaticului – se deschide lăsând să treacă în mod fracționat conținutul gastric în duoden. Trecerea în duoden începe după ce chimul gastric a ajuns la un anumit grad de mărunțire și de digestie a constituenților (proteinele sunt hidrolizate în albumoze și peptone). La producerea de contracții ale pereților stomacului contribuie stimulii primiți de la interoreceptorii din mucoasa gastrică, sistemul parasimpatic prin plexurile Meissner și Auerbach și unele mecanisme umorale (secreția de enterogastronă din intestin).

În absența alimentelor, stomacul este un timp lipsit de contracții. După o perioadă apar totuși contracții „pe gol" care provoacă senzația de foame.

• **Funcția secretorie a stomacului** este reprezentată prin secreția de suc gastric, care este foarte acid (pH între 1-2,5) [→ Tabelul 9.3].

Trebuie adăugat că celulele fundice secretă în plus și factorul intrinsec, care este o glicoproteină indispensabilă absorbției intestinale a vitaminei B_{12} în intestin. Absența factorului intrinsec (în cazul persoanelor care au suferit rezecție de stomac) determină apariția anemiei megaloblastice Biermer (anemie pernicioasă care poate fi mortală!), chiar dacă alimentația este bogată în vitamina B_{12}.

• **Reglarea secreției gastrice** este efectuată prin mecanisme nervoase și umorale, care se intrică și se completează, acționând în 3 faze:

– **Faza cefalică** precedă sosirea alimentelor în stomac, ea fiind declanșată de reflexe în primul rând necondiționate și anume: excitarea receptorilor gustativi de către alimentele introduse în cavitatea bucală; impulsul nervos creat ajunge la centrul gastrosecretor bulbar. De la acesta pleacă – pe calea nervului vag – comanda de secreție către glandele stomacului. În faza cefalică pot interveni însă și reflexe condiționate, spre exemplu cele declanșate de mirosul unui aliment, vederea lui, discuția sau chiar gândul la o masă copioasă. Experiențele lui I.P. Pavlov la un câine cu fistulă gastrică (pentru colectarea sucului gastric) și fistulă a planșeului bucal (prin care alimentele cădeau în exterior) au demonstrat apariția secreției stomacului chiar în condițiile acestui prânz fictiv (din care nici o picătură nu ajungea în stomac).

– **Faza gastrică** este declanșată de pătrunderea alimentelor în stomac și durează 3-4 ore. Ea este declanșată de către distensia pereților gastrici care trimit impulsuri aferente pe calea nervilor vagi. Impulsurile eferente folosesc tot calea vagală. Există însă și un mecanism umoral: secreția de gastrină, hormon descărcat în sânge de mucoasa gastrică la contactul cu masa alimentelor. Gastrina este un hormon secretat de celulele G antrale și are rolul de a stimula producția de HCl gastric, motilitatea antrală, secreția de pepsină și de factor intrinsec.

– **Faza intestinală** începe prin pătrunderea primelor fragmente de chim acid din stomac în duoden. Distensia pereților duodenului are efect

de stimulare a secreţiei gastrice pe cale reflexă. Dintre principiile alimentare (nutrienţi), compuşii proteici declanşează secreţie de gastrină din mucoasa duodenală, având drept urmare stimularea în continuare a secreţiei gastrice. Un efect opus îl au glucidele, lipidele şi aciditatea chimului gastric care provoacă descărcarea unor hormoni inhibitori pentru motilitatea şi secreţia gastrică.

9.3.3. DIGESTIA INTESTINALĂ *[Intestinal digestion]*

La fel ca digestia gastrică prezintă o componentă motorie şi una secretorie.

• **Componenta motorie** constă din mişcările produse de musculatura netedă a peretelui intestinal. În repaus digestiv, se produc ritmic unde lente de-a lungul fibrelor musculare longitudinale având direcţia dinspre duoden spre valvula ileo-cecală. Odată cu apariţia chimului alimentar survin contracţiile intestinale localizate – mişcările de segmentare. Acestea constau în contracţii inelare la distanţe aproximativ egale, urmate de alte contracţii la jumătatea distanţei dintre cele precedente, realizând astfel o mişcare în suveică. Prin asemenea mişcări, conţinutul intestinal se amestecă bine cu secreţiile digestive a căror activitate enzimatică este favorizată.

TABELUL 9.4

Sucul pancreatic

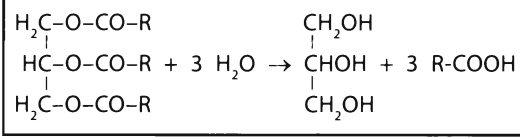
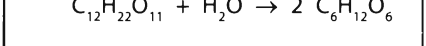
<table>
<tr><th>Substanţa</th><th colspan="2">Acţiune</th></tr>
<tr><td colspan="3">Conţine bicarbonat de sodiu; pH = 8 (reacţie alcalină).</td></tr>
<tr><td>Amilaza pancreatică</td><td colspan="2">Enzimă amilolitică ce scindează parţial prin hidroliză amidonul în molecule de dizaharide (maltoză)</td></tr>
<tr><td>Lipaza pancreatică</td><td colspan="2">Enzimă lipolitică ce scindează prin hidroliză grăsimile neutre (trigliceridele) în glicerină şi acizi graşi</td></tr>
<tr><td>Tripsinogenul</td><td>Proenzimă inactivă care, sub acţiunea enterokinazei, o enzimă secretată de mucoasa duodenală, devine tripsină (activă, enzimă proteolitică)</td><td rowspan="2">Odată activate, ambele enzime acţionează asupra proteinelor nescindate de pepsină şi asupra produşilor rezultaţi din scindarea parţială a proteinelor de către pepsină, pe care îi degradează până la tetrapeptide, tripeptide şi dipeptide</td></tr>
<tr><td>Chimotripsinogenul</td><td>Proenzimă inactivă care, sub acţiunea tripsinei devine chimotripsină (activă, enzimă proteolitică)</td></tr>
<tr><td>Carboxipeptidazele</td><td colspan="2">Activate de tripsină, scindează fragmentele de oligopeptide în peptide mai mici</td></tr>
<tr><td>Elastaza</td><td colspan="2">Activată de tripsină, hidrolizează proteinele fibroase</td></tr>
</table>

O altă categorie de mişcări sunt cele peristaltice, care împing treptat conţinutul intestinal către valvula ileo-cecală. Aceasta – stând închisă printr-un sfincter pentru a împiedica refluarea materiilor din colon în ileon – se deschide ritmic la scurt timp după ingestia primelor alimente.

Reglarea contracţiilor intestinale se realizează în primul rând prin mecanisme nervoase: plexurile intramurale Meissner şi Auerbach sunt supuse acţiunii sistemului parasimpatic (prin nervul vag) care stimulează contracţiile, în timp ce sistemul simpatic le inhibă.

• **Componenta secretorie** începe din mucoasa duodenală unde există glande care secretă mucus şi bicarbonat de sodiu, având drept efect neutralizarea acidităţii chimului gastric recent pătruns din stomac în duoden. Secreţia aceasta are o triplă reglare: pe cale nervoasă parasimpatică prin ramuri ale nervului vag, pe cale hormonală prin secretină şi colecistokinină şi prin factori chimici locali: pH-ul acid al chimului sosit din stomac.

În continuare, activitatea secretorie în intestin este exercitată (în ordinea în care acţionează asupra principiilor alimentare) de către sucul pancreatic, bila (fierea) şi enzimele de la suprafaţa enterocitelor.

Reacţia biochimică de scindare prin hidroliză a trigliceridelor în glicerol (glicerină) şi acizi graşi: 	Reacţia biochimică de scindare prin hidroliză a dizaharidelor (maltoză, zaharoză, lactoză) în două molecule de monozaharide: 

~ **Sucul pancreatic,** produs de celulele secretorii exocrine din pancreas, este deversat în porţiunea a II-a a duodenului prin cele două canale pancreatice (principal şi accesor). Compoziţie şi acţiuni → Tabelul 9.4.

Reglarea secreţiei pancreatice este, în primul rând, umorală, prin hormonii secretină şi pancreozimină, care sunt produşi de mucoasa duodenală şi eliberaţi în sânge odată ce începe evacuarea chimului din stomac în duoden. Reglarea nervoasă se face prin nervul vag care are efect de stimulare a secreţiei pancreatice.

~ **Bila (fierea)** este produsul de secreţie al hepatocitelor. Cantitatea zilnică secretată este de 500-700 ml/24 de ore, dar deşi secreţia ei este continuă, excreţia este intermitentă, deoarece între mese se stochează în vezica biliară, unde se şi concentrează. Bila iniţial secretată de ficat este denumită bilă hepatică şi are culoarea galbenă. Bila excretată de către vezica biliară este bila colecistică, este mai concentrată şi are culoarea verde. Compoziţia şi funcţiile bilei → Tabelul 9.5.

De notat că există un circuit hepato-entero-renal al pigmenţilor biliari: bilirubina, ajunsă în intestin, suferă o serie de transformări (se formează urobilinogen şi stercobilinogen). Urobilinogenul (în cantitate mică) este reabsorbit în sânge şi eliminat în urină sub formă de urobilinogen şi de urobilină. Stercobilinogenul este evacuat prin materiile fecale. De asemenea, sărurile biliare parcurg un circuit hepato-entero-hepatic, fiind reabsorbite din intestin în cea mai mare parte.

Reglarea secreţiei biliare (producţie a hepatocitelor) se datorează în mare măsură unor factori umorali. Grăsimile din alimente, unii produşi de degradare a proteinelor şi sărurile biliare stimulează această secreţie care – deşi continuă – se intensifică după mese. Inervaţia parasimpatică stimulează secreţia biliară, iar inervaţia simpatică o inhibă.

TABELUL 9.5

Compoziţia şi funcţiile bilei

Substanţă componentă	Acţiune	Observaţii
Apă 97-98%; pH = 7-8 (slab alcalin); gust foarte amar		Bila colecistică conţine mai puţină apă decât cea hepatică, fiind concentrată
Bilirubină	Pigment biliar, produs de degradare al hemoglobinei	
Biliverdină	Substanţă rezultată prin oxidarea bilirubinei	Conferă culoarea verde a bilei
Săruri biliare (glicocolat de sodiu şi taurocolat de sodiu)	Reduc tensiunea superficială a lipidelor şi favorizează emulsionarea lor, ceea ce ajută la absorbţia lor intestinală. Favorizează absorbţia vitaminelor liposolubile A, D şi E	
	Formează cu lipidele micelii care fiind hidrosolubile pot fi absorbite din intestin	
	Activează lipaza pancreatică şi cea intestinală	
Colesterol		Calculii biliari (în litiaza biliară) sunt formaţi din colesterol
Lecitină (fosfatidilcolină)	Substanţă organică din clasa lipidelor care conţine acid fosfatidic şi colină	

Reglarea excreţiei biliare (din colecist) este comandată pe cale umorală de către colecistokinină, descărcată în sânge de mucoasa duodenală, la apariţia chimului acid.

Se produc contracţii ale colecistului care evacuează bila stocată şi – concomitent – se relaxează sfincterul Oddi, deschizând astfel „poarta de trecere" din canalul coledoc (pentru bilă) şi din canalul pancreatic principal (pentru sucul pancreatic) spre duoden. Există şi un mecanism nervos,

constând din reflexe scurte, declanşate de stimuli gastrici sau duodenali şi cu participarea unor plexuri vegetative intramurale, dar intervenţia acestora este mai puţin semnificativă.

TABELUL 9.6

Compoziţia şi acţiunea secreţiilor produse de epiteliul intestinal (de la marginea cu placă striată a enterocitelor)

Substanţa	Acţiune
Bicarbonat de Na	Neutralizează aciditatea chimului gastric
Mucus	Protejează mucoasa intestinală
Peptidaze intestinale	Scindează prin hidroliză dipeptidele şi polipeptidele până la aminoacizi
Invertaza (zaharaza)	Dizaharidază care prin hidroliză scindează molecula de zaharoză în glucoză + fructoză
Maltaza	Dizaharidază care scindează molecula de maltoză în două molecule de glucoză
Lactaza	Dizaharidază care scindează molecula de lactoză în glucoză + galactoză
Lipaza intestinală	Scindează prin hidroliză trigliceridele în glicerol + acizi graşi

~ **Funcţia secretorie a intestinului subţire** NU este reprezentată prin vreun suc anume.

Enzimele care acţionează la acest nivel se află pe marginea „în perie" a enterocitelor (membrana apicală a celulelor intestinale). Compoziţia şi acţiunea enzimelor de la marginea enterocitelor → Tabelul 9.6.

Reglarea secreţiilor intestinale se efectuează pe cale nervoasă-vegetativă prin reflexe locale, declanşate de stimularea mecanică şi chimică a receptorilor din intestin. Au rol în producerea acestora volumul chimului şi compoziţia chimică a constituenţilor lui. Sistemul parasimpatic, prin nervul vag, are efect de stimulare a secreţiei intestinale.

9.4. ABSORBŢIA INTESTINALĂ
[The digestive absorption]

Sediul absorbţiei intestinale îl reprezintă intestinul subţire, iar formaţiunea specializată pentru această funcţie este vilozitatea intestinală.

Trebuie totuşi menţionat că unele substanţe ingerate, având o structură chimică simplă, pot fi absorbite prin mecanisme fizice la nivelul mucoasei gastrice (apa, alcoolul etilic, clorurile) şi la nivelul mucoasei colonului (apa, electroliţii) (fig. 9.13).

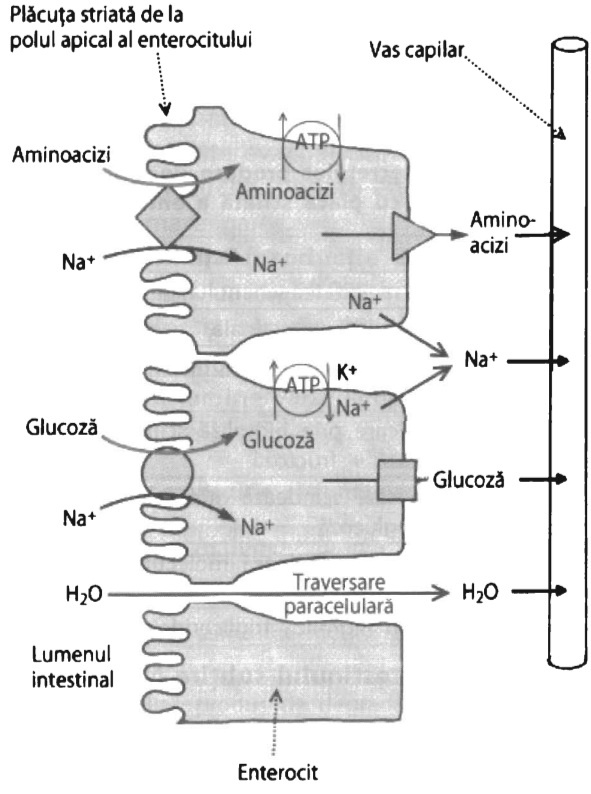


Fig. 9.13 – Absorbţia intestinală a apei, sodiului, glucozei şi aminoacizilor.

Moleculele mari ale macronutrienţilor pentru a fi absorbite, sunt degradate în procesul de digestie până la componentele lor elementare (cu moleculă mult mai mică). În acest fel ele devin apte pentru a traversa bariera peretelui intestinal, pătrunzând în circulaţie, de unde vor fi răspândite potrivit necesităţilor nutriţionale şi funcţionale ale diferitelor organe.

Traversarea barierei intestinale de către aceşti compuşi se face prin trei mecanisme:

– transfer pasiv, pe baza unor legi fizice (difuziune, gradiente osmotice, gradiente de concentraţie sau electrice) folosind ca spaţii de trecere porii membranelor celulare. Difuziunea este un fenomen fizic frecvent întâlnit în natură. Ea constă din traversarea substanţelor prin membrana care separă două medii pe baza gradientelor (diferenţelor) de concentraţie şi de potenţial (= starea bioelectrică) fără consum de energie metabolică;

– transfer activ, cu consum de energie, situaţie în care substanţa care se absoarbe se cuplează chimic cu un sistem de transport transmembranar (este cazul aminoacizilor, al glucozei);

– transfer prin vezicule de pinocitoză (având conținut lichid), încorporate apoi în citoplasma celulelor intestinale.

Vilozitățile intestinale, formațiunile specializate, măresc suprafața de absorbție și micșorează distanța pe care trebuie să o parcurgă nutrienții pentru a fi absorbiți. Prezentăm mecanismele de absorbție intestinală a diferitelor componente din alimente, începând cu cele mai simple:

Apa este supusă în mod pasiv, atât în jejuno-ileon, cât și în colon, la absorbție în funcție de presiunea osmotică a celor două medii: conținutul lumenului intestinal și plasma din capilarele intestinului. Mișcarea apei încetează în momentul egalizării celor două presiuni.

Sodiul (Na^+) se absoarbe activ (cu cheltuială de energie) în jejuno-ileon și în colon.

Clorul (Cl^-) este antrenat în mod pasiv în absorbție de către sodiu.

Calciul (Ca^{++}) se absoarbe activ în porțiunile superioare ale intestinului subțire sub acțiunea vitaminei D, iar în restul intestinului absorbția este pasivă.

Fierul (Fe^{++}) se absoarbe activ sub formă de fier bivalent (în săruri feroase, ex. sulfat feros, fumarat feros) în special în duoden, cantitatea absorbită fiind reglată automat de către necesitățile de moment ale organismului. Absorbția este favorizată de prezența concomitentă a vitaminei C.

Pentru produșii de degradare a macronutrienților, absorbția decurge în moduri diferite:

Aminoacizii, care sunt elementele constitutive ale proteinelor, se absorb la polul celulelor intestinale dinspre lumen printr-un mecanism activ, apoi din celule trec în circulația capilară a vilozității intestinale prin mecanismul pasiv de difuziune.

Monozaharidele care fac parte din hexoze (glucide cu 6 atomi de carbon: glucoza, fructoza, galactoza) se absorb prin mecanisme active, necesitând deci energie. Aceasta este furnizată prin degradarea moleculelor de ATP sub acțiunea adenozin-trifosfatazei (care este și pompa de sodiu). Pentru absorbție, glucoza se combină cu un transportor care efectuează și absorbția sodiului și care face „naveta" eliberând substanța la polul bazal al celulei și reîntorcându-se spre lumen pentru un nou transport. Glucoza ajunge astfel în capilarele vilozităților intestinale, apoi în venulele care colectează sângele din rețeaua capilară și – în final – prin vena portă la ficat. Monozaharidele din grupa pentozelor (glucide cu 5 atomi de carbon tip xiloză, riboză, arabinoză) se absorb printr-un mecanism pasiv, prin difuziune.

Glicerina, rezultată din scindarea trigliceridelor, fiind hidrosolubilă se absoarbe ușor în sânge și limfă.

TABELUL 9.7

Rezumat al degradării progresive suferită de macronutrienți și de unii derivați ai lor de-a lungul tubului digestiv

Macronutrientul și unii derivați	Degradarea progresivă	Segmentul digestiv unde are loc	Enzima care acționează
Proteinele	În albumoze și peptone ↓	În stomac: sucul gastric	Pepsina (= pepsinogen + HCl)
	Apoi în oligopeptide (di-, tri- și tetrapeptide) ↓	În intestin: sucul pancreatic	Tripsina (= forma activă a tripsinogenului); chimotripsina (= forma activă a chimotripsinogenului) și carboxipeptidazele (activate de tripsină) din sucul pancreatic
	Apoi în aminoacizi (forma finală)	În intestin	Peptidazele de la marginea în perie a enterocitelor
Trigliceridele (grăsimile neutre)	În glicerină + acizi grași	În stomac: sucul gastric	Lipaza gastrică (acționează mai ales la vârsta de sugar)
		În intestin: sucul pancreatic	Lipaza pancreatică
		În intestin	Lipaza intestinală de la marginea în perie a enterocitelor
Amidonul	În dextrine (acțiune redusă)	Începe în cavitatea bucală (saliva) și se continuă în stomac	Ptialina (amilaza salivară)
	În dizaharide (maltoză, zaharoză)	În intestin	Amilaza pancreatică
Maltoza	În două molecule de glucoză	În intestin	Maltaza = dizaharidază de la marginea în perie a enterocitelor
Zaharoza	În glucoză + fructoză	În intestin	Invertaza (zaharaza, sucraza) = dizaharidază de la marginea în perie a enterocitelor
Lactoza	În glucoză + galactoză	În intestin	Lactaza = dizaharidază de la marginea în perie a enterocitelor

Acizii graşi, rezultaţi din scindarea trigliceridelor (grăsimile neutre), se absorb numai după ce formează micelii cu sărurile biliare. Aceste micelii sunt hidrosolubile şi în contact cu celulele mucoasei intestinale se desfac, pe de o parte eliberând sărurile biliare care trec mai departe în ileon (unde vor fi absorbite şi reutilizate), iar pe de altă parte, acizii graşi sunt reţinuţi de către celulele mucoasei intestinale. Cei cu lanţ scurt de atomi de carbon (sub 10 atomi) trec în sângele venos, şi ajung în circulaţia portă neesterificaţi. Cei cu lanţ lung de atomi de carbon se combină cu glicerolul în celula intestinală, deci formează din nou trigliceride. Acestea ajung în vasul chilifer central al vilozităţilor, trec în circulaţia limfatică şi participă la formarea chilomicronilor.

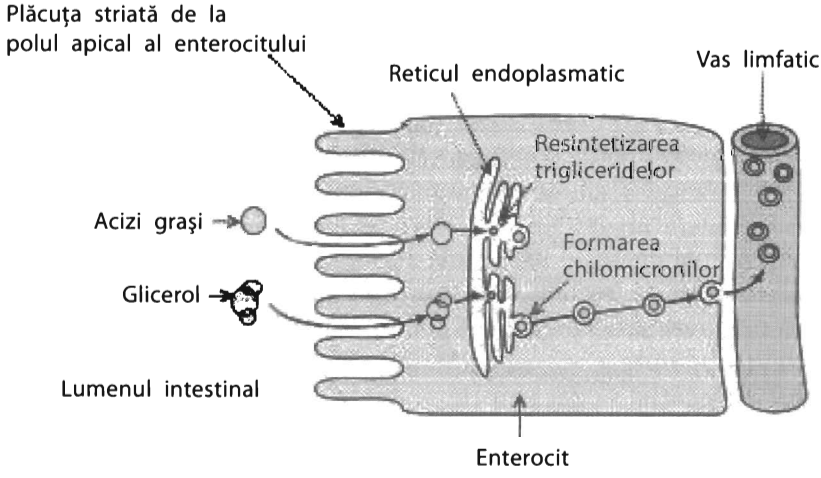


Fig. 9.14 – Absorbţia intestinală a lipidelor şi formarea chilomicronilor.

9.5. FUNCŢIILE INTESTINULUI GROS
[Physiology of the large intestine]

Conţinutul intestinului subţire, ajuns la extremitatea distală a ileonului, are o consistenţă semilichidă şi poartă numele de *chil*. El este format din apă, electroliţi, resturi alimentare nedigerabile (ex.: fibrele vegetale bogate în celuloză) şi resturi alimentare nedigerate. Transformările suferite de acest material duc la formarea materiilor fecale, ce urmează a fi eliminate. Aceste transformări constau în:

– absorbţia unor produşi: apă (prin mecanisme pasive); sodiu (prin mecanisme active, antrenând odată cu el şi apa); clor;

– excreţia de potasiu şi bicarbonaţi;

– activitate de fermentaţie în colonul proximal – sub acţiunea florei aerobe – a glucidelor nedigerate şi neabsorbite;

– activitate de putrefacţie – sub acţiunea florei anaerobe – constând din decarboxilarea sau dezaminarea aminoacizilor neabsorbiţi după care rezultă amine (histamină, factor de hipersensibilitate şi mediator chimic; tiramină, format prin decarboxilarea tirozinei), indol (provenit din putrefacţia triptofanului), scatol (derivat metilat al nucleului indolic) şi amoniac care prin absorbţie ajung în ficat, fiind detoxifiaţi şi reutilizaţi în circuitul metabolic (amoniacul este component principal în procesul de ureogeneză).

Fibrele vegetale bogate în celuloză, nemodificate pe întreaga lungime a tubului digestiv, vor da consistenţa bolului fecal, favorizând declanşarea şi menţinerea mişcărilor peristaltice ale colonului.

Funcţia motorie a colonului este variată, în raport cu porţiunea activată. În prima partea a colonului ea constă din contracţii segmentare, asimetrice şi fără propagare, favorizând resorbţia apei. În porţiunea următoare apar contracţii peristaltice care împing conţinutul intestinal mai departe. Aceste contracţii se intensifică în colonul descendent şi colonul sigmoid antrenând progresia bolului fecal spre rect. În starea de inactivitate, rectul – ca o ampulă cu diametrul mai mare – este gol. Sosirea bolului fecal excită mecanoreceptorii din pereţii rectali, care transmit impulsul la centrul defecaţiei, situat în măduva sacrată, la S_2-S_4, informând însă şi scoarţa cerebrală asupra nevoii apărute.

Actul defecaţiei – dacă nu intervine o acţiune voluntară ca o interdicţie din partea scoarţei cerebrale – se declanşează reflex pe calea fibrelor parasimpatice care induc contracţii intense ale colonului distal şi totodată determină relaxarea musculară a sfincterului anal intern, format din fibre musculare netede. În mod voluntar are loc relaxarea sfincterului anal extern – format din fibre musculare striate, deci supus voinţei – pe calea nervilor ruşinoşi. Sistemul simpatic cu protoneuronul în segmentele medulare L_1-L_2 exercită acţiuni antagoniste, diminuând undele peristaltice şi producând contracţia sfincterului anal intern.

10. APARATUL URINAR
[THE URINARY SYSTEM]

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Acidoză* = perturbarea echilibrului acido-bazic al plasmei în sensul apariţiei unei acidităţi din cauza producţiei excesive de acizi (ex.: în coma diabetică) sau prin pierderea de substanţe bazice (ex.: în diareile severe). Rezultă creşterea concentraţiei hidrogen-ionilor care matematic se exprimă prin scăderea bicarbonatului plasmatic, iar în cazurile grave printr-un pH sub 7,33 (***Atenţie,*** cu cât acidoza este mai intensă, cu atât pH-ul este mai mic!).
- *Alcaloză* = stare patologică produsă prin acumularea plasmatică de substanţe cu caracter bazic sau prin pierderea de acizi, rezultând o scădere a concentraţiei hidrogen-ionilor care matematic se exprimă prin creşterea bicarbonatului plasmatic, iar în cazurile grave prin creşterea pH-ului peste 7,4 (cu cât alcaloza este mai intensă, cu atât pH-ul este mai ridicat).
- *Anurie* = absenţa producerii de urină; vezica urinară conţine doar câţiva ml (a NU se confunda cu retenţia acută de urină, în care vezica este plină dar nu-şi poate evacua conţinutul din cauza unui obstacol!).
- *Homeostazie* = menţinerea constantelor fiziologice (în special din compoziţia mediului intern) în limite stabile şi normale, datorită mecanismelor de autoreglare.
- *Mediu intern* = ansamblul de lichide fiziologice din organism incluzând sângele, limfa şi lichidul interstiţial.
- *Oligurie* = scăderea diurezei în 24 de ore la un adult sub 500 ml.
- *Pedicul* = mănunchiul de vase sanguine şi limfatice, fibre nervoase şi conducte care ies sau intră într-un organ prin locul numit hil.
- *pH* = logaritm cu semn schimbat al concentraţiei hidrogen-ionilor dintr-o soluţie = $-\log [H^+]$. Un pH = 7 înseamnă o soluţie cu reacţie neutră; pH >7 înseamnă reacţie alcalină; pH <7 înseamnă reacţie acidă.

- *Poliurie* = diureză crescută la peste 2.000 ml/24 de ore la o persoană adultă.
- *Urografie* = examenul aparatului urinar prin injectarea unei substanţe de contrast iodate (Iomeron, Omnipaque, Ultravist) care – prin umplere – pune bine în evidenţă în special căile urinare.

Aparatul urinar are o multitudine de funcţii, legate nu numai de producerea şi eliminarea urinei, ci şi de tensiunea arterială, echilibrul acido-bazic al mediului intern şi unele metabolisme intermediare. În alcătuirea aparatului urinar intră cei doi rinichi şi căile urinare, reprezentate de calice, cele două bazinete (= pelvis renal), cele două uretere, vezica urinară şi uretra (fig. 10.1).

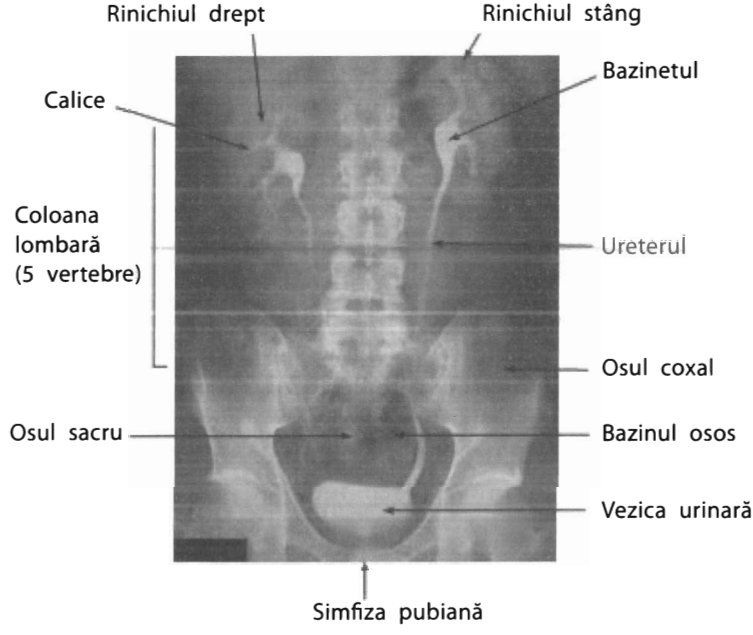


Fig. 10.1 – Urografia cu substanţă de contrast introdusă i.v. permite vizualizarea aparatului urinar în ansamblul lui «pe viu». Rinichiul drept este situat mai jos decât cel stâng datorită apăsării exercitată de ficat.

10.1. RINICHII
[The kidneys]

Cei doi rinichi (drept şi stâng) sunt situaţi subdiafragmatic, retroperitoneal, în lojile renale la nivelul vertebrelor lombare. Fiecare rinichi are forma

aproximativă a unui bob de fasole (evident mult mai mare!), prezentând o față anterioară, o față posterioară în contact cu peretele posterior al cavității abdominale, o margine laterală convexă și o margine medială concavă. Pe marginea medială, aproximativ la jumătatea ei, se află hilul și pedicului renal, acesta fiind alcătuit din ureter, artera renală, vena renală și fibre nervoase vegetative. Rinichiul este învelit în două straturi de grăsime cu rol protector: grăsimea perirenală și grăsimea pararenală.

Structura internă a rinichiului arată existența a două zone distincte:

– **corticala renală**, situată la periferie, unde se află glomerulii renali, tubii contorți proximali și distali, ansele Henle ale glomerulilor situați în zona corticală externă, arteriolele aferente;

– **medulara rinichiului,** situată în interior, formată din piramidele renale (Malpighi), în număr de 6-18, și care sunt alcătuite din mănunchiuri de tubi colectori. Aceste piramide au baza către corticală și vârful spre calicele renale (spre hil). În componența medularei, în afara tubilor colectori, mai intră ansele Henle lungi ale glomerulilor juxtamedulari (cei situați în zona internă a corticalei), arterele lobare (ramuri ale arterei renale) care se insinuează între piramidele renale, venele interlobare, care au același traiect. Prin lob renal (structură care este mai vizibilă în stadiul embrionar) se înțelege o piramidă renală împreună cu zona corticală adiacentă (fig. 10.2).

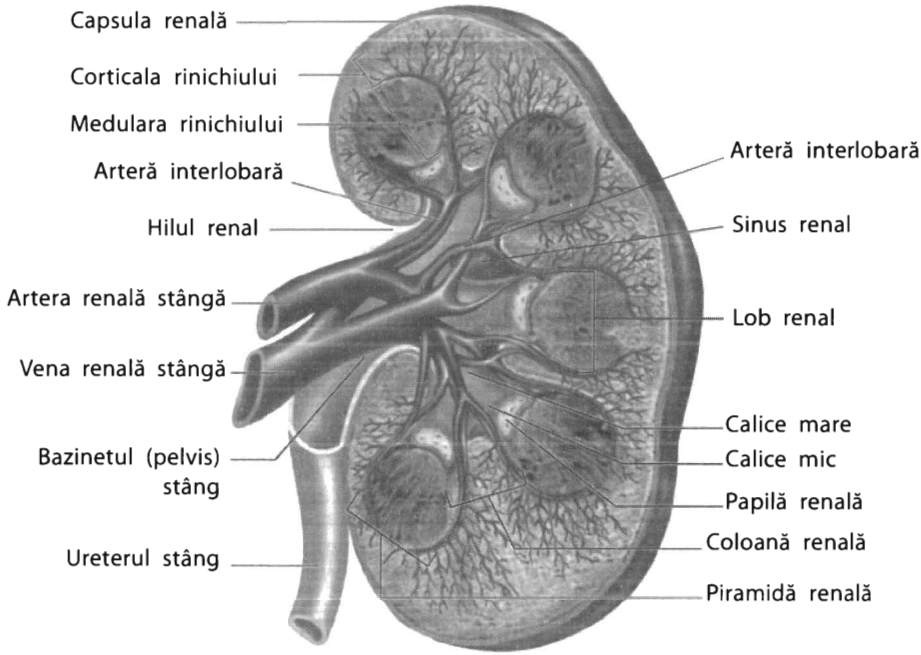


Fig. 10.2 – Secțiune frontală prin rinichiul stâng.

Structura histologică a rinichiului evidențiază ca unitate morfofuncțională **nefronul.**

În fiecare rinichi există cca 1.000.000 de nefroni care au două componente principale:

- **corpusculii renali Malpighi**, formați din capsula Bowmann și glomerulul capilar. În exprimarea uzuală, se folosește însă adeseori expresia de **glomerul renal** în loc de corpuscul renal;
- **tubii uriniferi**, conducte microscopice care constituie traiectul parcurs de urina primară.

Descrise în detaliu, componentele nefronului includ:

– **capsula Bowmann**, aflată la extremitatea nefronului, o dilatare de forma unei cupe cu pereții dubli, între care se află un spațiu ce se continuă cu lumenul tubului urinifer;

– **glomerulul renal** este un ghem de 4-12 anse capilare, așezat în concavitatea capsulei. Aceste capilare rezultă din ramificarea arteriolei renale aferente. La ieșirea din capsulă capilarele se reunesc din nou pentru a forma arteriola eferentă. Toate capsulele Bowmann cu glomerulii din interior se găsesc în corticala renală;

– **tubul contort proximal** continuă capsula Bowmann și prezintă un strat de celule epiteliale cu margine „în perie", datorită microvililor de la polul apical, care au rolul de a mări suprafața de absorbție. Toți tubii contorți proximali se găsesc în corticala renală;

– **ansa Henle**, formată din două brațe, unul descendent și altul ascendent, se află în continuarea tubului contort proximal și este tapetată cu un epiteliu turtit, fără microvili. În jurul ansei Henle are loc a doua capilarizare, cea a arteriolei eferente. Ansele Henle ale glomerulilor din zona corticală externă sunt mai scurte și se află în totalitate în corticala renală; ansele Henle ale glomerulilor din zona corticală internă sunt mai lungi și coboară profund în medulara renală;

– **tubul contort distal** este segmentul următor. Topografic, el se află în corticală, în apropierea glomerulului.

– În această zonă există celule tubulare epiteliale modificate asociate cu unele fibre musculare netede ale arteriolei aferente care alcătuiesc împreună o formațiune microscopică *aparatul juxtaglomerular (neuromioepitelial)*, cu rol deosebit de important în reglarea tensiunii arteriale, deoarece aici se secretă renina;

– **tubii colectori** rezultă din unirea mai multor tubi contorți distali. Ei formează piramidele renale din medulară și coboară, conducând urina spre papilele renale (formațiunile de scurgere situate în vârful piramidelor renale) pe unde urina trece, ajungând în calicele mici (fig. 10.3).

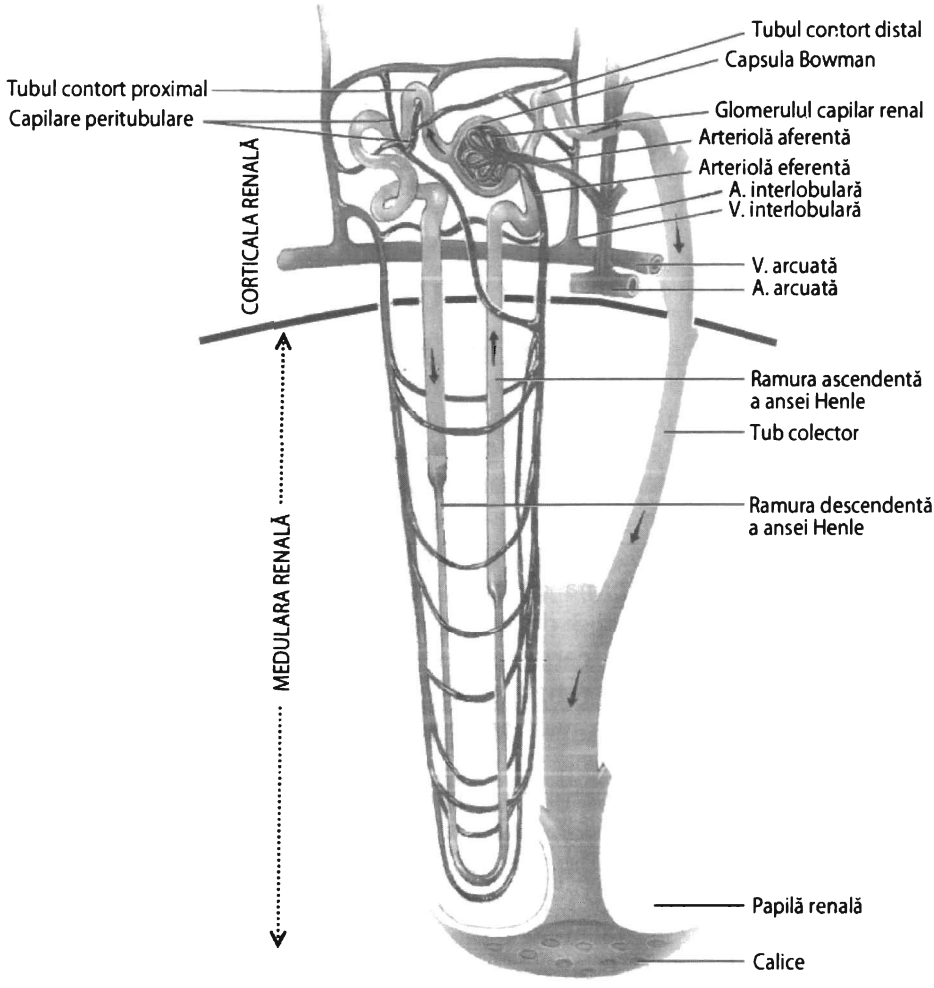


Fig. 10.3 – Nefronul este reprezentat cu o nuanță de gri deschis; vasele sanguine sunt reprezentate în gri închis.

• **Vascularizația rinichilor** este asigurată de cele două artere renale (dreaptă și stângă) ramuri ale aortei abdominale. Din ele se desfac arterele interlobare (care se insinuează între piramidele renale), din acestea pleacă arterele arcuate, care înconjoară ca niște arcade bazele piramidelor. Din arterele arcuate pornesc arterele interlobulare, iar din acestea se desprind arteriolele aferente cu destinația spre glomerulii renali. După capilarizarea în anse din cadrul glomerulului, capilarele se reunesc formând arteriola eferentă care părăsește glomerulul și se capilarizează din nou în jurul ansei Henle (din medulară), precum și în jurul tubilor contorți. În final, capilarele se unesc în venele interlobulare, acestea se deschid în venele arcuate, de

aici în venele interlobare, strângându-se apoi în cele două vene renale (dreaptă şi stângă), confluente spre vena cavă inferioară.

• **Inervaţia rinichilor** este vegetativă, fiind reprezentată în special de către sistemul simpatic, dar şi de cel parasimpatic (prin fibre cu originea în nervul vag). Inervaţia este destinată musculaturii arteriolare din rinichi.

10.2. CĂILE URINARE
[The urinary tract]

Trebuie precizat că, în mod normal, drumul parcurs atât de urina primară, cât şi de urina definitivă are sens unic, de-a lungul nefronilor, al tubilor colectori, cât şi al căilor urinare, pentru a fi în final evacuată în exterior. Căile urinare, în ordinea în care sunt parcurse, cuprind:

– **calicele mici,** în formă de cupă, în care se deschid tubii colectori;

– **calicele mari**, câte 2-3 de fiecare rinichi, rezultă din confluarea mai multor calice mici şi sunt foarte bine vizualizate pe urografie;

– **bazinetul (pelvisul renal)** este o dilatare a căii urinare în formă de trunchi de con, situat în hilul renal şi în a cărui cavitate îşi deversează conţinutul calicele mari;

– **ureterul** este conductul cu traiect vertical pe care urina definitivă îl străbate, pentru a ajunge din bazinet în vezica urinară. Implantarea ureterului terminal în musculatura vezicală fiind oblică, urina este astfel împiedicată să reflueze din vezică în uretere. Refluarea se întâlneşte doar în cazuri patologice şi poartă numele de reflux vezico-ureteral;

– **vezica urinară** este un organ de formă rotundă, cavitar, cu funcţie de rezervor pentru urină între micţiuni. La fundul vezicii se află trigonul vezical, delimitat prin trei orificii: cele două de deschidere a ureterelor şi cel al uretrei. Peretele vezical este dotat cu muşchiul detrusor, care prin contracţie goleşte vezica de conţinut. La ieşirea din vezică, există o porţiune îngustată, colul vezical, prevăzut cu un sfincter vezical intern, din fibre musculare netede (care sunt acţionate prin inervaţia vegetativă) şi un sfincter vezical extern, din fibre musculare striate, supuse voinţei;

– **uretra** este conductul unic prin care urina din vezică este evacuată la exterior. Este mai lungă la bărbat, având o porţiune prostatică, o porţiune membranoasă şi o porţiune peniană (spongioasă). La femeie uretra este mult mai scurtă (cca 4 cm), ceea ce explică frecvenţa mai mare a infecţiilor urinare la sexul feminin, prin pătrunderea germenilor infecţioşi pe cale ascendentă. Orificiul de deschidere la exterior al uretrei este meatul uretral.

10.3. FIZIOLOGIA RINICHIULUI. FORMAREA ŞI COMPOZIŢIA URINEI
[Physiology of the kidney]

10.3.1. FORMAREA URINEI *[Production of urine]*

Producerea urinei definitive, în forma în care ea este eliminată în exterior, constituie un proces complex care parcurge trei etape:

• **Ultrafiltrarea glomerulară** este prima etapă, în urma căreia în capsula Bowmann se formează urina primară cu o compoziție total diferită de urina definitivă. Rinichii au o irigație sanguină foarte bogată, primind cca 20-25% din debitul cardiac de repaus. Prin pereții capilarelor glomerulare şi peretele intern al capsulei Bowmann filtrează aproximativ 1/5 din plasma care ajunge în teritoriul renal. Această filtrare se desfăşoară pe baza unor legi fizice, dar are un caracter selectiv, unele substanțe din plasmă neputând traversa membrana filtrantă şi anume: proteinele (datorită masei lor moleculare mari), lipidele plasmatice (şi nu numai cele organizate în chilomicroni). Ultrafiltratul glomerular păstrează însă cantitatea de glucoză, uree, acid uric şi creatinină din plasmă nemodificată precum şi compoziția electrolitică a plasmei, astfel încât în 24 de ore filtrează în urina primară 26.000 de mEq Na, 900 mEq K, 18.000 de mEq clor.

• **Reabsorbția tubulară** (adică reîntoarcerea anumitor substanțe din urina primară în sângele capilarelor peritubulare) are loc în mod diferențiat şi prin mecanisme diferite pe următoarele porțiuni ale tubilor:

~ În **tubul contort proximal** se desfăşoară:

– **reabsorbția obligatorie a apei**. De la un volum de 170 l de apă filtrați în decurs de 24 de ore, cca 168 l se reabsorb obligatoriu în tubul contort proximal prin mecanism de osmoză;

– **glucoza** se reabsoarbe în totalitate prin transport activ, dar numai dacă glicemia nu depăşeşte 180 mg/dl. Peste această concentrație plasmatică apare glicozuria. (Modalitatea de reabsorbție activă implică un consum de energie furnizat de ATP prin hidroliză deoarece se efectuează împotriva unor gradiente de concentrație sau electrice);

– unii *aminoacizi, acidul uric* (reabsorbție în procent foarte ridicat), *vitamina C* şi *vitamina* B_{12}, *fosfații anorganici, sulfații, anionul bicarbonic* $[HCO_3^-]$ se reabsorb tot prin transport activ (fig. 10.4);

– **sodiul** se reabsoarbe prin transport activ într-un procent uriaş, astfel încât în urina definitivă rămâne o cantitate moderată → Compoziția urinei normale (a se vedea mai jos).

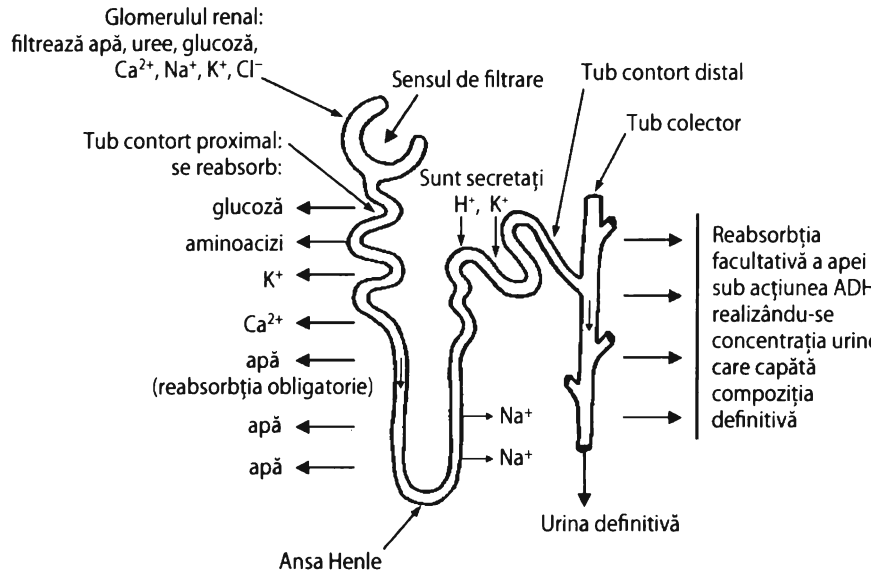


Fig. 10.4 – Formarea urinei definitive prin procesele desfășurate de-a lungul nefronului (filtrare, reabsorbție, secreție).

~ În **tubul contort distal** se desfășoară:

– **reabsorbția facultativă a apei** (care apoi se continuă și în tubii colectori), reglată de ADH, prin mecanism de feed-back, în funcție de volumul total de sânge (volemia) și de osmolaritatea plasmei. Astfel se definitivează volumul final al urinei care va ajunge în vezica urinară;

– **secreția de potasiu** (adică transportul de potasiu din sângele capilarelor peritubulare în nefron) efectuat prin mecanism pasiv. (Secreția pasivă se desfășoară în sensul gradientelor de concentrație, în virtutea unor legi de fizică și deci NU necesită cheltuială de energie);

– **secreția activă de hidrogen-ioni (H^+)** care contribuie la menținerea unei ușoare alcalinități a plasmei (pH = 7,33). (Secreția activă se face împotriva unor gradiente electrice și chimice și prin urmare necesită cheltuială energetică);

– **secreția de amoniac.**

~ **În tubii colectori** se continuă reabsorbția facultativă a apei, reglată tot de ADH.

Rezultatul tuturor acestor intervenții de-a lungul nefronului este producerea urinei definitive, care va fi depozitată un timp în vezică, apoi eliminată în exterior. Astfel, din totalul de 170 ml de apă filtrați la nivelul glomerulilor renali, în urma reabsorbției obligatorii din tubul proximal și a reabsorbției facultative din tubul contort distal și din tubii colectori (sub

acţiunea ADH) rezultă o diureză de numai 1,5-2 litri de urină/24 ore, în condiţii de climă temperată (căldura excesivă sau frigul excesiv modifică datele). Acest volum este în funcţie de greutatea şi de suprafaţa corporală. Se poate exprima altfel: diureza medie este de 1 ml/kgcorp/oră.

COMPOZIŢIA URINEI NORMALE *[Constituents of normal urine]* (recoltată dimineaţa pe nemâncate şi conformă buletinelor de „sumar de urină", emise de laboratoarele actuale):

Aspect clar; **culoare** galben-citrină

Densitate 1010-1030

pH = 5-7 (deci reacţie slab acidă sau moderat acidă, în funcţie de alimentaţia anterioară)

Albumină (de fapt **proteinurie**) absentă sau urme fine

Glucoză (glicozurie) absentă (***Atenţie:*** după un consum recent de alimente bogate în glucide, apare glicozuria alimentară, care este trecătoare!)

Pigmenţi biliari (bilirubină) absenţi

Săruri biliare absente

Urobilinogen normal (NU se exprimă cantitativ-numeric)

Corpi cetonici (cetonurie) absenţi

Sediment urinar:

Celule epiteliale absente sau rare

Hematii absente sau rare

Leucocite absente sau rare

Cilindri absenţi

Cristale absente sau rare cristale de fosfaţi, uraţi sau oxalaţi de calciu

Dozări biochimice (efectuate pe eşantioane din urina recoltată în 24 de ore)

Sunt valori medii care prezintă variaţiuni în funcţie de alimentaţie, de cantitatea de lichide consumată etc.

Substanţe azotate de deşeu:

Uree 2.000 mg/dl (de peste 60 de ori mai concentrată decât în plasmă)

Acid uric 70 mg/dl (de cca 30 de ori mai concentrat faţă de plasmă)

Creatinină 100 mg/dl (de peste 50 de ori mai concentrată faţă de plasmă)

Substanţe minerale (calculate în eliminări în 24 de ore):

Sodiu (natriurie) 1-5 g/24 ore (= 50-200 mmol/24 ore)

Potasiu (kaliurie) 1,2-3 g/24 ore (= 30-90 mmol/24 ore)

Calciu (calciurie) 100-300 mg/24 ore (= 2,5-7,5 mmol/24 ore)

Fosfor (fosfaturie) 1-1,5 g/24 ore

Clor (clorurie) 8-12 g/24 ore (= 300-350 mmol/24 ore).

10.3.2. ROLUL RINICHIULUI ÎN MENŢINEREA VOLEMIEI *[Role of the kidney in keeping the normal blood volume]*

Prin volemie se înţelege volumul sanguin total, incluzând pe cel circulant şi pe cel din depozite (splină, măduva osoasă, ficat). La un bărbat adult valoarea sa este de cca 80 ml/kgc. În situaţii de pierderi de lichide (hemoragii, stare de deshidratare, transpiraţii abundente) acest volum scade. În asemenea cazuri, rinichiul răspunde prin reducerea eliminării de urină (oligurie până la anurie) astfel încât să realizeze o economie a rezervei scăzute de lichide din circulaţie. Mecanismul prin care se obţine această „economie" constă din intervenţia hormonului antidiuretic (ADH) care, primind impulsuri mai reduse de la baroreceptorii intravasculari, intervine prin feed-back pozitiv crescând retroresorbţia facultativă a apei în tubii contorţi distali şi în tubii colectori şi micşorând astfel diureza.

Invers, o volemie crescută, prin aport exagerat de lichide sau perfuzii endovenoase supradozate, determină o scădere a activităţii ADH şi o creştere a diurezei (poliurie). În situaţii patologice (unele boli renale) mecanismul nu mai funcţionează şi lichidele în exces se acumulează în ţesutul celulo-adipos subcutanat de la pleoape, gambe, regiunile retromaleolare, uneori şi la organele genitale, rezultând umflături pline cu lichid neinflamator (sunt şi nedureroase), adică edeme renale.

10.3.3. ROLUL RINICHIULUI ÎN REGLAREA TENSIUNII ARTERIALE *[Role of the kidney in adjusting the blood pressure]*

Aparatul juxtaglomerular (neuromioepitelial) menţionat mai sus secretă o enzimă, *renina* care, acţionând asupra unei globuline plasmatice (angiotensinogenul), determină apariţia angiotensinei I, factor deocamdată inactiv. Prin intervenţia unei enzime (enzima de conversie a angiotensinei, ECA), angiotensina I se transformă în angiotensina II cu efect vasoconstrictor (deci cu mărirea tensiunii arteriale) şi de stimulare a producerii de aldosteron (acesta este secretat de corticala glandelor suprarenale). Creşterea secreţiei de renină antrenează deci creşterea TA, iar creşterea producţiei de aldosteron măreşte reabsorbţia apei şi a sodiului, ducând până la apariţia de oligurie şi edeme. Schematic: → Tabelul 10.1.

TABELUL 10.1

Rolul rinichiului în reglarea tensiunii arteriale

Factorii care participă	Observaţii
Angiotensinogenul din plasmă	Factor inactiv (precursor)
↓	Sub acţiunea reninei secretată de aparatul juxtaglomerular se transformă în angiotensină I
Angiotensina I	Factor inactiv
↓	Sub acţiunea enzimei de conversie a angiotensinei (ECA) se transformă în angiotensină II
Angiotensina II	Factor activ în reglarea TA
↓	
Vasoconstricţie arteriolară	
↓	
Creşterea tensiunii arteriale	

10.3.4. ROLUL RINICHIULUI ÎN MENŢINEREA ECHILIBRULUI ACIDO-BAZIC *[Role of the kidney as a regulator of the acid-base balance]*

În funcţie de aportul excesiv de radicali acizi ori radicali bazici prin alimente sau prin medicamente sau de modificarea echilibrului acido-bazic prin alte cauze, rinichiul intervine în sensul restabilirii homeostaziei, astfel:

– în cazul tendinţei la acidoză, elimină surplusul de ioni de hidrogen prin transport activ la nivelul tubului contort distal;

– amoniogeneza renală este un mecanism-cheie în menţinerea homeostaziei acido-bazice. În tubii renali, amoniacul este sintetizat din glutamină şi, în continuare, ionii de amoniu se combină cu anionii acizilor care vor fi astfel eliminaţi sub formă de săruri de amoniu, în loc de săruri de sodiu. În acidoză acest proces se intensifică, mărind eliminarea radicalilor acizi; în alcaloză el se diminuează, economisind astfel radicalii acizi.

10.3.5. REGLAREA ACTIVITĂŢII RENALE *[Coordination of the kidney activity]*

• **Reglarea nervoasă** se efectuează prin inervaţia vegetativă a vaselor intrarenale fără a interveni direct în numeroasele procese care au loc de-a

lungul nefronului. Totuşi excitarea zonelor presoare din bulbul rahidian şi a unor centri din hipotalamus pot determina o vasoconstricţie renală cu scăderea marcată a diurezei (oligurie).

- **Reglarea umorală** revine:

– hormonului antidiuretic (ADH produs de hipotalamus, stocat şi eliberat de hipofiza posterioară) cu rolul de a creşte reabsorbţia facultativă a apei în tubii contorţi distali şi tubii colectori renali în funcţie de informaţiile culese de baroreceptorii şi osmoreceptorii vasculari;

– aldosteronului (hormon mineralo-corticoid) care stimulează reabsorbţia ionului Na^+ în tubul contort proximal şi creşterea excreţiei ionului K^+ în tubul contort distal;

– parathormonului care, mobilizând calciul şi fosforul din oase, reţine calciul şi sodiul şi produce creşterea excreţiei urinare de fosfaţi şi de potasiu;

– hormonilor tiroidieni (T_3 şi T_4) care, intensificând procesele metabolice intracelulare, stimulează diureza.

10.4. FIZIOLOGIA VEZICII URINARE
[Physiology of the bladder]

Funcţia vezicii urinare este de a depozita temporar urina, până în momentul în care este necesară şi posibilă evacuarea ei. Musculatura vezicii urinare poate fi destinsă până la anumite limite, datorită plasticităţii ei. Senzaţia de umplere vezicală apare la o acumulare de 100-150 ml urină, iar la 150-200 ml apare nevoia de micţionare. La o acumulare intravezicală de urină care atinge 250-400 ml, nevoia de evacuare este imperioasă, prin apariţia unor contracţii puternice ale musculaturii peretelui vezical. În actul de evacuare a urinei ca şi în starea de reţinere a evacuării are rol, în primul rând, sistemul nervos vegetativ. Micţiunea este deci un act reflex, supus (până la intervenţia voinţei) acţiunii celor două sisteme nervoase vegetative antagoniste. Inervaţia simpatică este reprezentată – atât pentru muşchiul detrusor al vezicii, cât şi pentru sfincterul vezical intern – prin fibre provenite din segmentele măduvei lombare şi sacrate L_1, L_2 şi L_3, care vin pe calea nervilor hipogastrici. Rolul simpaticului este „antimicţional" adică, pe de o parte, inhibă contracţiile musculaturii vezicale care ar duce la golirea ei şi, pe de altă parte, contractă sfincterul vezical intern (de la colul vezicii), blocând ieşirea din vezică. Inervaţia parasimpatică este reprezentată prin fibre care au originea în segmentele medulare S_2, S_3

şi S_4 şi ajung la vezică pe calea nervilor pelvici. Rolul parasimpaticului este „promicțional", adică el determină contractura musculaturii vezicale pentru golirea ei şi relaxează sfincterul vezical intern, dând cale liberă evacuării urinei. Participarea scoarței cerebrale şi a voinței în declanşarea sau în împiedicarea actului micțional se exercită asupra sfincterului vezical extern (dotat cu fibre musculare striate) prin fibre nervoase plecate din segmentele medulare S_2, S_3 şi S_4 care ajung la vezică pe calea nervilor ruşinoşi.

Reflexul de micțiune are deci sediu medular în centrul parasimpatic sacrat al micțiunii. Factorul declanşator îl constituie distensia pereților vezicali care emit impulsuri prin fibrele aferente ale nervilor pelvici. Fibrele eferente plecate de la centrul micțiunii folosesc tot traiectul nervilor pelvici pentru a aborda muşchiul detrusor al vezicii şi sfincterul intern vezical cu efectele menționate mai sus. Trebuie subliniat că reflexul medular al micțiunii este supus controlului altor centri nervoşi, situați în etajele superioare ale nevraxului (inclusiv scoarța cerebrală) şi care pot acționa favorizând actul micțional sau împiedicându-l temporar (fig. 10.5).

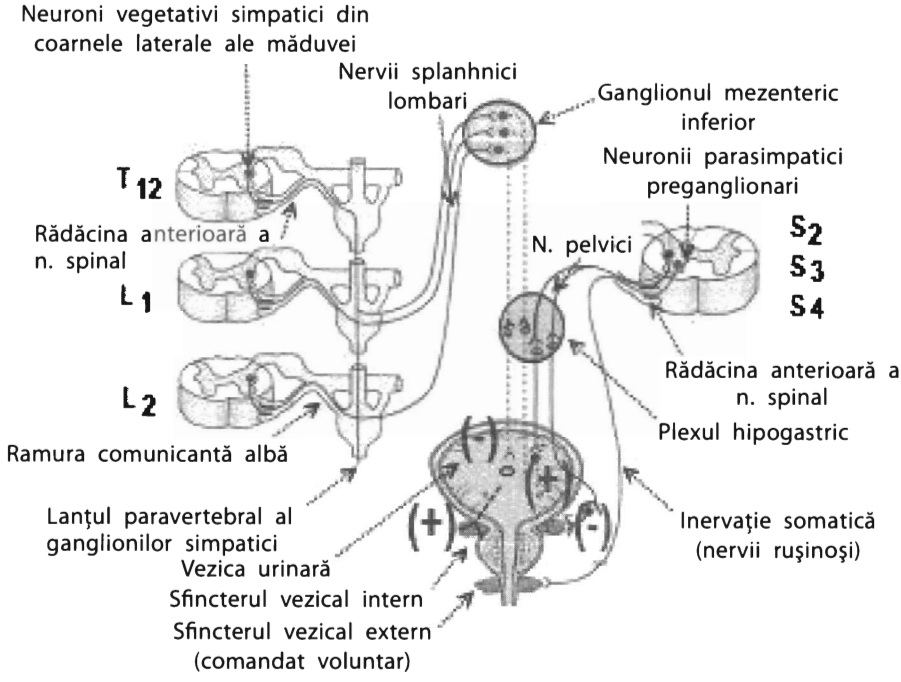


Fig. 10.5 – Inervația simpatică, parasimpatică şi somatică a vezicii urinare. Semnul (+) reprezintă stimularea contracției fibrelor musculare din teritoriul acelui nerv; semnul (-) reprezintă inhibarea contracțiilor musculaturii.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA RINICHIULUI ŞI A CĂILOR URINARE *[Applications to the kidney and to the urinary tract pathology]*

Litiaza urinară *[Urolithiasis]* înseamnă formarea de calculi în căile urinare. Există calculi de uraţi, de oxalaţi, de fosfaţi etc. Prezenţa lor se manifestă cel mai adesea prin dureri paroxistice intense în regiunea lombară (colica renală) şi prezenţa de sânge vizibil în urină. Uneori pot bloca scurgerea urinei prin căile urinare. Metodele moderne de tratament au introdus ultrasunetele pentru fărâmarea calculilor urinari (litotripsie extracorporeală *[extracorporeal shock wave litotripsy = ESWL]*) în fragmente foarte mici care pot fi eliminate prin urină, în numeroase cazuri nemaifiind necesară operaţia amplă de altă dată.

Uretrita *[Urethritis]* este inflamaţia uretrei, cel mai adesea apărută în cursul bolilor cu transmitere sexuală (bolile venerice). Dintre ele, cea mai răspândită este uretrita gonococică, determinată de *Neisseria gonorrheae*. Produce o secreţie purulentă, usturimi mari la micţiune, iar la femei se asociază cu vulvo-vaginită gonococică, provocând o scurgere vaginală bogată în gonococi.

11. APARATUL REPRODUCĂTOR
[THE GENITAL SYSTEM]

DEFINIȚII ȘI EXPLICAȚII

- *Autozomi* = cromozomii somatici, la om în număr de 44 (deci 22 de perechi) din totalul de 46 de cromozomi [→ a se vedea și *gonozomi*].
- *Cariotip* → Cap. 1 – DATE FUNDAMENTALE DE ANATOMIE, CITOLOGIE ȘI HISTOLOGIE.
- *Estrogeni* = hormonii naturali (estradiolul, estriolul și estrona [= folikulina], sintetizați de ovar și placentă) precum și echivalenții lor sintetici, având roluri multiple asupra organismului femeii: dezvoltarea aparatului genital și apariția caracterelor sexuale secundare feminine la pubertate; declanșarea menstruației; pregătirea uterului pentru implantarea ovulului fecundat. Sunt utilizați și în medicația contraceptivă.
- *Fecundare* = fuzionarea gametului mascul (spermatozoidul) cu gametul femel (ovulul) din care rezultă zigotul (oul), care este viitorul organism din aceeași specie și are sexul genetic deja determinat.
- *FSH = folliculo-stimulating hormone* = hormon foliculostimulant = gonadotrofina A = hormon al hipofizei anterioare care stimulează la femeie maturarea foliculilor ovarieni, secreția de estrogeni și induce modificările endometriale din faza proliferativă a ciclului menstrual) faza foliculinică). La bărbat, activează spermatogeneza. FSH este secretat sub acțiunea hormonului hipotalamic denumit factorul de eliberare *(releasing factor)* a gonadotrofinelor.
- *Gameți* = celulele sexuale: spermatozoizii la bărbat și ovulele la femeie.
- *Gonade* = organele genitale producătoare de gameți și de hormoni sexuali: testiculele la bărbați și ovarele la femei.
- *Gonozomi* = cromozomii sexuali, la om în număr de 2 (la bărbat XY, la femeie XX) [→ a se vedea și autozomi].

- *LH = luteinizing hormone* = hormon luteinizant = gonadotrofina B = hormon al hipofizei anterioare care la femeie stimulează ovulaţia, dezvoltarea corpului galben ovarian, secreţia de progesteron, induce modificările endometriale din faza secretorie a ciclului menstrual (faza luteinică). La bărbat stimulează dezvoltarea celulelor interstiţiale Leydig (cu rol endocrin) şi secreţia de androgeni. LH este secretat sub acţiunea hormonului hipotalamic denumit factorul de eliberare *(releasing factor)* a gonadotrofinelor.
- *Menopauză* = încetarea definitivă a menstruaţiilor, de obicei la vârsta de 45-48 de ani, însoţită şi de unele tulburări.
- *Menoragie* = menstruaţie cu sângerare prelungită peste 7 zile.
- *Metroragie* = hemoragie din căile genitale ale femeii în afara menstruaţiilor.
- *Pelvis = bazin* = regiunea din partea inferioară a abdomenului, delimitată lateral de oasele iliace, posterior de sacrum şi coccis şi anterior de partea inferioară a peretelui abdominal.
- *Progestogeni* = hormonii naturali (ex.: progesteronul, sintetizat de corpul galben ovarian şi de placentă) precum şi echivalenţii lor sintetici, având – în organismul feminin – acţiunea de pegătire a endometrului pentru nidaţia oului fecundat şi de consolidare a sarcinii.
- *Zigot (ou fecundat)* = celulă rezultată din fecundarea unui ovul de către un spermatozoid şi care are un cariotip definitiv şi sexului genetic stabilit (în afară de situaţiile patologice): 46, XY la sexul masculin şi 46, XX la sexul feminin.

Aparatul reproducător are funcţia – la ambele sexe – de a forma gameţii (celulele sexuale, adică spermatozoizii şi ovulele) şi de a le asigura căile pentru întâlnirea şi unirea lor (fecundaţia). Din această unire rezultă zigotul (oul fecundat) care – ţinând cont şi de programarea genetică – prin dezvoltarea şi diferenţierea structurilor va contura schiţa viitorului organism.

11.1. APARATUL GENITAL MASCULIN
[The reproductive organs in male]

Este format din gonade (cele două testicule), căile excretoare pentru spermatozoizi, glandele anexe şi organul genital extern (penisul) (fig. 11.1).

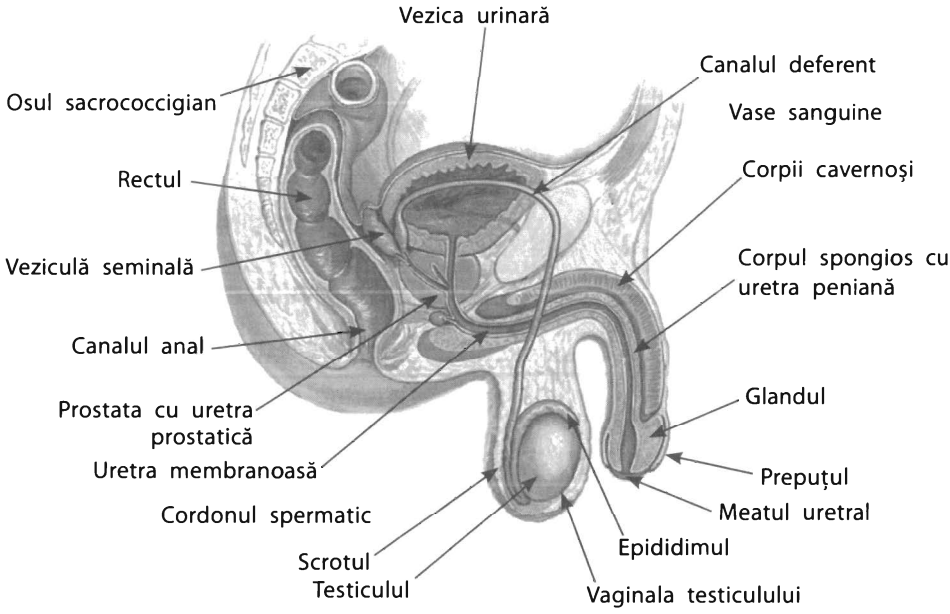


Fig. 11.1 – Aparatul genital masculin (secţiune sagitală).

11.1.1. TESTICULUL (GONADA MASCULINĂ) *[Testis (The male gonad)]*

Este un organ pereche cu dublă funcţie, exocrină şi endocrină. La exterior este învelit într-o membrană fibroasă, *albugineea,* care prezintă la partea superioară o condensare – *mediastinul testicului*. Prin acest loc trec canalele excretoare, vasele şi nervii testicului (fig. 11.2).

De aici pornesc numeroase septuri conjunctive care divid testicul în 200-300 lobuli, cu forma piramidală, având vârful orientat spre mediastinul testicului. În fiecare lobul testicular există 1-4 tubi seminiferi contorţi în care iau naştere spermatozoizii. Tubii seminiferi prezintă la exterior o membrană bazală pe care sunt aşezate straturile de celule seminale (producătoare de spermatozoizi). Între tubi există ţesut conjunctiv interstiţial care adăposteşte vase, nervi şi celulele interstiţiale Leydig. Acestea constituie componenta endocrină a testicului, secretând hormonii androgeni (testosteronul).

• **Căile excretoare ale testicului**. Respectând traseul parcurs de spermatozoizi, ordinea căilor excretoare este următoarea. Tubii seminiferi ai unui lobul se unesc într-un tub drept. Toţi tubii drepţi se deschid într-o reţea de canale care îşi va deversa conţinutul în 10-12 canale eferente. Acestea – la rândul lor – se deschid în *epididim* (formaţiune în formă de virgulă, prevă-

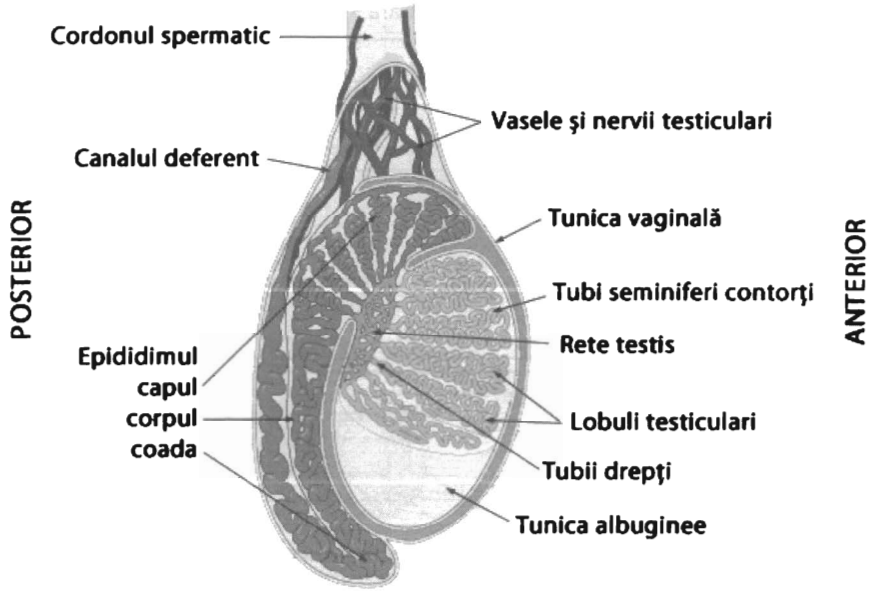


Fig. 11.2 – Secţiune sagitală prin testicul.

zută cu un canal). Canalul epididimar se continuă cu *canalul deferent* care, la rândul lui, se continuă cu *canalul ejaculator*. Acesta se uneşte cu canalul de excreţie al veziculei seminale, traversează prostata şi apoi se deschide în uretră.

În rezumat: tubii seminiferi → tubii drepţi → reţea de canale neregulate (rete testis) → canale eferente → epididimul cu canalul epididimar → canalul deferent → canalul ejaculator → uretra.

În continuare, *uretra* traversează glanda prostată *(= uretra prostatică)*, apoi parcurge zona dintre prostată şi bulbul uretral *(= uretra membranoasă)* după care urmează *uretra spongioasă* care străbate pe toată lungimea sa penisul, fiind înconjurată pe acest traiect de *corpul spongios*. Uretra se deschide la exterior prin meatul uretral. Alături de corpul spongios, în structura penisului intră şi cei *doi corpi cavernoşi*. Uretra este deci un conduct comun pentru evacuarea urinei şi pentru eliminarea spermatozoizilor prin lichidul denumit spermă.

- Glandele anexe ale aparatului genital masculin

– **Veziculele seminale** (două) se unesc – printr-un canal propriu de excreţie, la nivelul prostatei – cu canalul ejaculator. Ele secretă un lichid cu rol de vehicul şi cu funcţie nutritivă pentru spermatozoizi.

– **Prostata**, glandă unică de forma şi mărimea unei castane, cu struc-

tură tubulo-acinoasă, este situată sub vezica urinară şi este traversată de prima porţiune a uretrei *(uretra prostatică)*. Are funcţie secretorie, producând un lichid care fluidifică sperma.

11.1.2. FIZIOLOGIA TESTICULULUI *[Physiology of the testis]*

• **Funcţia exocrină = spermatogeneza**

Aceasta constă în producerea şi transformările succesive prin care trec celulele provenite din tubii seminiferi ai testiculului şi care sunt următoarele: începând de la pubertate, spermatogoniile (celulele germinale primitive care se află pe membrana bazală a tubilor seminiferi) suferă o diviziune mitotică, păstrând acelaşi număr de cromozomi (46), dând naştere la spermatocite de ordinul I. Acestea păstrează formula cromozomială diploidă (46 = 44 autozomi + 2 gonozomi), dar următoarea lor diviziune este de tip meiotic. Rezultă spermatocite de ordinul II cu formulă cromozomială haploidă (23 cromozomi, din care 22 autozomi + 1 gonozom). În continuare, spermatocitele se divid mitotic, devenind spermatide care au tot 23 de cromozomi. Acestea NU se mai divid ci, prin maturizare, devin spermatozoizi.

Spermatozoizii sunt celule alungite, măsurând 50-70 μ, formate din cap (care conţine nucleul depozitar al ADN), piesa intermediară (bogată în glicogen) şi flagelul (care îi asigură mobilitatea ca „o elice") (fig. 11.3). În spermatozoizi cariotipul poate fi de două feluri: unii au formula 22+X, alţii 22+Y.

• **Funcţia endocrină = producţia de hormoni androgeni**

Aceştia sunt secretaţi de celulele interstiţiale din testicul, numite celule Leydig. Hormonul masculin secretat este testosteronul (structurat pe o moleculă de colesterol), care stimulează dezvoltarea organelor genitale externe şi spermatogeneza, imprimă – la pubertate – caracterele sexuale

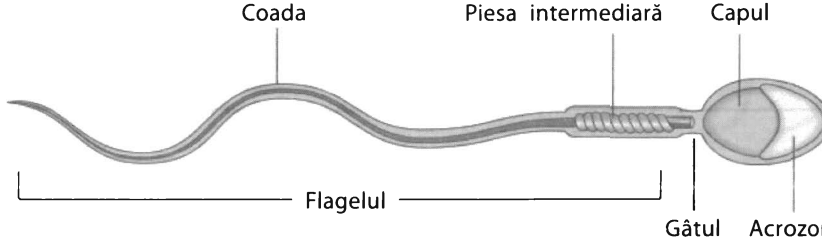


Fig. 11.3 – Spermatozoid.

secundare masculine (pilozitatea caracteristică, conformaţia generală a corpului cu umerii mai laţi şi şolduri mai înguste, vocea mai groasă) şi – în plus – favorizează anabolismul proteic.

De notat că hormonii androgeni sunt produşi – în cantitate mai mică – şi de către glandele corticosuprarenale.

• **Coordonarea funcţiilor testiculare** începe de la hipotalamus care secretă factorul de eliberare *[releasing factor]* a hormonilor gonadotropi. Acest factor acţionează asupra hipofizei anterioare, unde are loc secreţia hormonilor gonadotropi. Dintre hormonii gonadotropi hipofizari, hormonul foliculo-stimulant (FSH) are la bărbat rolul de a menţine spermatogeneza (funcţia exocrină), iar hormonul luteinic (LH) stimulează la bărbat secreţia de testosteron (funcţia endocrină). Vom vedea mai jos că, la femei, acţiunea acestor hormoni este evident, alta.

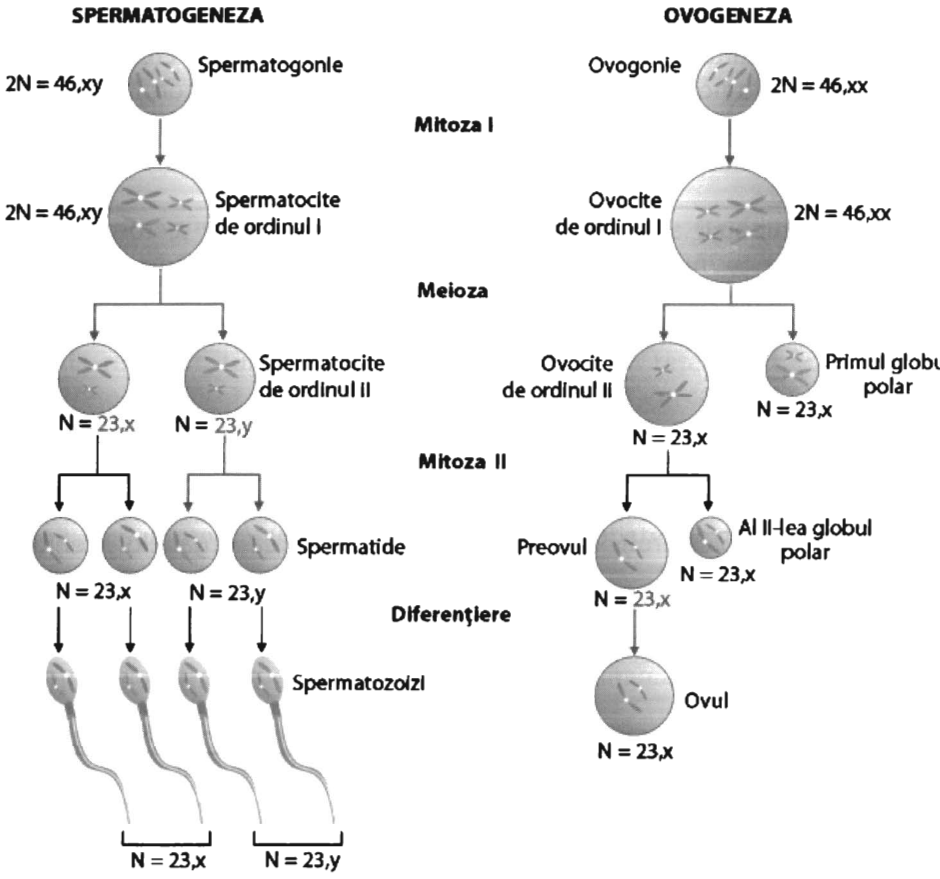


Fig. 11.4 – Spermatogeneza şi ovogeneza văzute comparativ.

• **Coordonarea nervoasă a activităţii sexuale la bărbat.** Excitaţiile tactile suferite de receptorii din zona penisului, ca şi excitaţiile vizuale şi - uneori - amintirile şi fanteziile erotice, transmit un impuls nervos aferent către *centrul erecţiei* din măduva sacrată. De la acest centru, pe cale eferentă parasimpatică, pleacă un impuls nervos vasodilatator până la arterele corpilor cavernoşi. Concomitent, are loc o stază venoasă, împiedicând ieşirea sângelui din acea zonă, astfel încât corpii cavernoşi, umpluţi, produc alungirea şi indurarea penisului, adică erecţia.

Următorul moment, ejacularea (proiectarea de spermă în ritm sacadat) se realizează printr-un reflex cu punct de plecare în receptorii tactili ai penisului. Impulsul nervos aferent ajunge la *centrul ejaculării* din măduva lombară de unde pleacă - pe căi eferente - impulsul de evacuare a veziculelor seminale. Acesta se desfăşoară în 2-3 secunde şi ritmic, datorită contracţiilor repetate ale muşchilor bulbocavernos şi ischiocavernos.

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA APARATULUI GENITAL MASCULIN *[Application to the pathology of the male genital organs]*

Hipertrofia benignă de prostată (adenomul de prostată) *[Benign prostatic hypertrophy]* se manifestă la bărbaţi după vârsta de 60 de ani prin dificultatea de a urina (disurie) din ce în ce mai accentuată, ajungând - după mai multe luni sau ani de evoluţie - la imposibilitatea de a elimina urina (retenţie acută de urină). Neglijarea acestei situaţii duce la blocarea urinei în căile urinare, ajungându-se la insuficienţă renală prin obstacol postrenal. Cea mai bună soluţie o reprezintă ablaţia chirurgicală a prostatei. Dacă operaţia trebuie amânată, până la intervenţie bolnavul va trebui să poarte sondă uretrovezicală permanentă care să asigure golirea vezicii. Una din problemele de diagnostic diferenţial este cea faţă de cancerul de prostată, la care - în afara extirpării chirurgicale - este necesar şi tratament cu medicamente anticanceroase (chimioterapie citostatică).

11.2. APARATUL GENITAL FEMININ *[The genital tract in women]*

Este format din gonade (cele două ovare), căile genitale (trompele uterine, uterul şi vaginul) şi organele genitale externe (vulva şi clitorisul) (fig. 11.5).

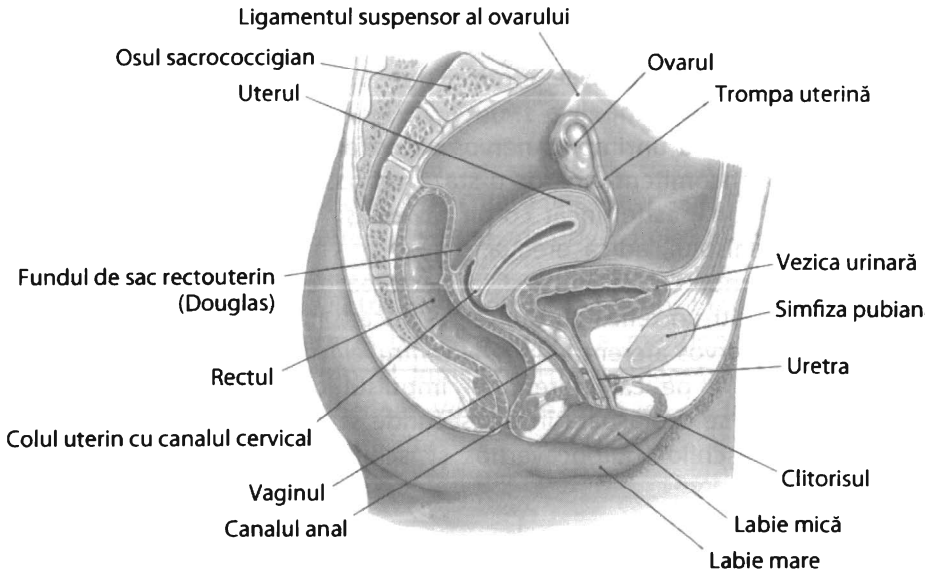


Fig. 11.5 – Aparatul genital feminin: secţiune mediosagitală.

11.2.1. OVARUL (GONADA FEMININĂ) *[Ovary (The female gonad)]*

Este un organ pereche, situat în micul bazin (pelvis) şi care are o dublă funcţie: de producere a ovulelor (gameţii feminini) şi de secreţie a hormonilor feminini. Forma sa este ovoidală, iar suprafaţa până la pubertate este netedă, după aceea devenind brăzdată de cicatrice (produse prin repetatele rupturi ale foliculilor ovarieni). Ca structură, în zona centrală a ovarului se află medulara, alcătuită din stromă de ţesut conjunctiv lax şi conţinând vase sanguine, vase limfatice şi fibre nervoase. În zona sa periferică, ovarul prezintă corticala, acoperită de un epiteliu care adăposteşte sub ea *foliculii ovarieni*, formaţiuni rotunde în care sunt conţinute *ovulele*. Foliculii pot fi goliţi, dacă au conţinut un ovul care a fost eliminat sau plini (dacă mai conţin încă ovulul). Din cei 400.000-500.000 de foliculi ovarieni primordiali – pe care ovarul îi conţine la naştere – ajung la maturitate numai 300-400, ceea ce reprezintă un stoc pentru o perioadă de cca 33 de ani. Foliculii ovarieni, în perioada fertilă a femeii (între vârstele de 15-45 de ani), vor elibera un număr corespunzător de ovule (câte 1-2 la fiecare menstruaţie). Dintre acestea, ovulele care vor fuziona cu câte un spermatozoid vor da naştere unui zigot (ou fecundat). Restul sunt eliminate în cursul menstruaţiei. Stadiul de maturizare a unui folicul ovarian îl reprezintă

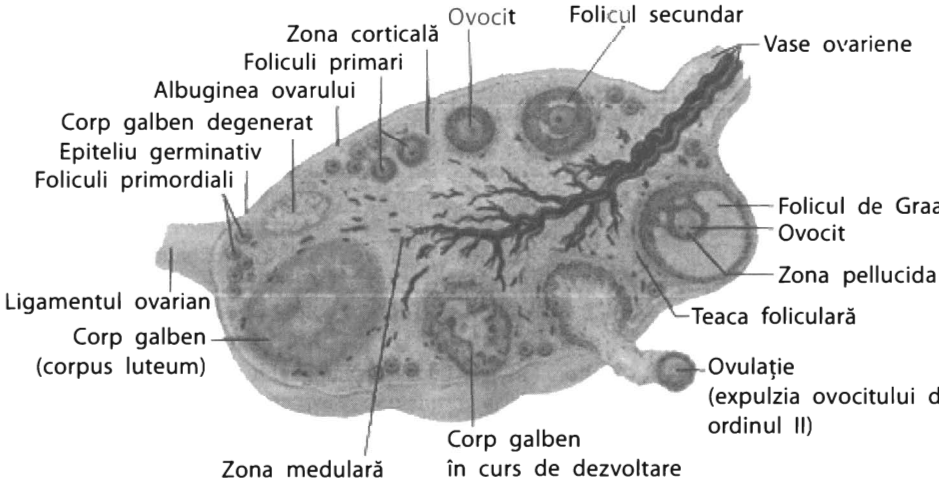


Fig. 11.6 – Ovarul. Se poate urmări evoluția foliculilor ovarieni.

foliculul de Graaf, umplut cu lichid şi cu ovocitul de ordinul II situat la periferie, pregătit pentru a fi expulzat (fig. 11.6).

Ovulul *[Ovum]* este celula sexuală (gametul) feminin. Are forma rotundă şi diametrul de cca 200 μm (celula cu cel mai mare diametru din organism!). Fiecare ovul este adăpostit într-un *folicul ovarian*, care se va rupe în momentul ovulației, rămânând o cicatrice în regiunea corticală a ovarului.

Ovogeneza înseamnă totalitatea transformărilor prin care trece ovulul până să ajungă în stadiul adult, apt de a fi fecundat [→ Fig. 11.4 – Spermatogeneza şi ovogeneza văzute comparativ].

– Celula primordială, ovogonia, are cariotipul 46, XX, caracteristic sexului feminin (formula cromozomială este diploidă).

– Printr-o diviziune mitotică rezultă ovocitele de ordinul I, cu acelaşi cariotip (formulă cromozomială diploidă).

– Urmează – în momentul ovulației – o diviziune de tip reducțional (meioză) din care rezultă ovocitele de ordinul II (celule de format mare) şi primul globul polar. Acestea au formula cromozomială înjumătățită (de tip haploid = 23, X), dar globulul polar nu va mai conta în evoluția ulterioară, el fiind eliminat.

– Aflat în trompa uterină, unde a fost expulzat, ovocitul de ordinul II suferă o nouă diviziune mitotică, rezultând preovulul şi al doilea globul polar, fiecare având o formulă cromozomială de tip haploid (23, X).

– Al doilea globul polar fiind eliminat, în evoluție interesează numai preovulul care – fără a se mai divide – se maturizează în ovul, apt de a fi fecundat.

11.2.2. ORGANELE GENITALE FEMININE *[The female genitals]*

• **TROMPELE (TUBELE) UTERINE *[The Fallopian tubes]***

Sunt două conducte (drept şi stâng) care fac legătura între ovare şi uter. Extremităţile laterale ale trompelor au formă de pâlnie şi sunt dotate cu franjuri care acoperă parţial ovarul de partea respectivă. Au rolul de a dirija ovulul eliberat spre uter.

Ovarele, trompele uterine şi cele două ligamente largi uterine (câte unul de fiecare latură) sunt reunite sub denumirea de **anexele uterului *[annexa uteri]*.**

• **UTERUL *[Uterus (The womb)]***

Este un organ musculos şi cavitar, situat în pelvis, între vezica urinară (anterior) şi rect (posterior). Are forma generală de pară, cu fundul (mai larg) situat în sus şi care primeşte în părţile supero-laterale (în coarnele uterine) deschiderea trompelor uterine. Partea inferioară, mai îngustă, este *colul uterin* care, printr-un orificiu mic, se continuă cu vaginul. Acesta se inseră în partea superioară pe colul uterin. Mucoasa uterină se mai numeşte *endometru*, iar musculatura uterină, *miometru*.

Fiziologia uterului este dominată de transformările periodice la care este supus în toată perioada fertilă a femeii şi care constau în modificările hormonale şi histologice ce apar în fiecare lună la ciclurile menstruale (până la menopauză).

• **VAGINUL *[Vagina]***

Este un conduct musculo-elastic, turtit antero-posterior care, la partea superioară, se inseră pe colul uterin, delimitând patru funduri de sac (anterior, posterior şi două laterale), unde se colectează sperma. La partea inferioară vaginul comunică cu exteriorul prin orificiul vaginal, care este parţial închis de o membrană numită himen. Aceasta este prevăzută cu orificii care să permită evacuarea sângelui în timpul menstruaţiei.

• **ORGANELE GENITALE EXTERNE FEMININE *[The external genitalia of the female]***

– **Vulva** este o fantă mediană, alungită în sens sagital şi străjuită de repliuri cutanate orientate tot sagital: lateral se află *labiile mari* şi în interiorul lor *labiile mici*, care înconjoară orificiul vaginal (situate posterior) şi orificiul uretral (situat anterior faţă de cel vaginal).

– **Clitorisul** este un organ erectil impar, situat median sub simfiza pubiană, anterior faţă de comisura anterioară a labiilor.

11.2.3. CICLUL MENSTRUAL *[Menstrual cycle]*

Este un fenomen fiziologic cu caracter periodic, repetându-se la fiecare 28 de zile şi prezent pe toată perioada fertilă a vieţii de femeie (de la 15 la 45-48 de ani) (fig. 11.7).

Menstruaţia (cu o durată medie de 4-5 zile) reprezintă – în cadrul acestui ciclu – momentul de descuamare şi eliminare a unor porţiuni din endometru, însoţită şi de o pierdere pe căile genitale a cca 40 ml de sânge plus 35 ml de lichid seros. Ea este declanşată de scăderea bruscă a progesteronului şi a estrogenilor, la sfârşitul ciclului ovarian lunar. În momentul instalării unei sarcini, menstruaţia încetează şi activitatea hormonală suferă modificări. Suprimarea definitivă a menstruaţiei este menopauza, care marchează încetarea perioadei fertile din viaţa femeii (la cca 45 de ani, după aproximativ 400 de cicluri menstruale, dacă nu au fost sarcini care să întrerupă ciclurile).

Coordonarea neuroendocrină a ciclului menstrual se realizează astfel: zilele 0-10 reprezintă faza foliculară (preovulatorie) a ciclului, zilele 16-28,

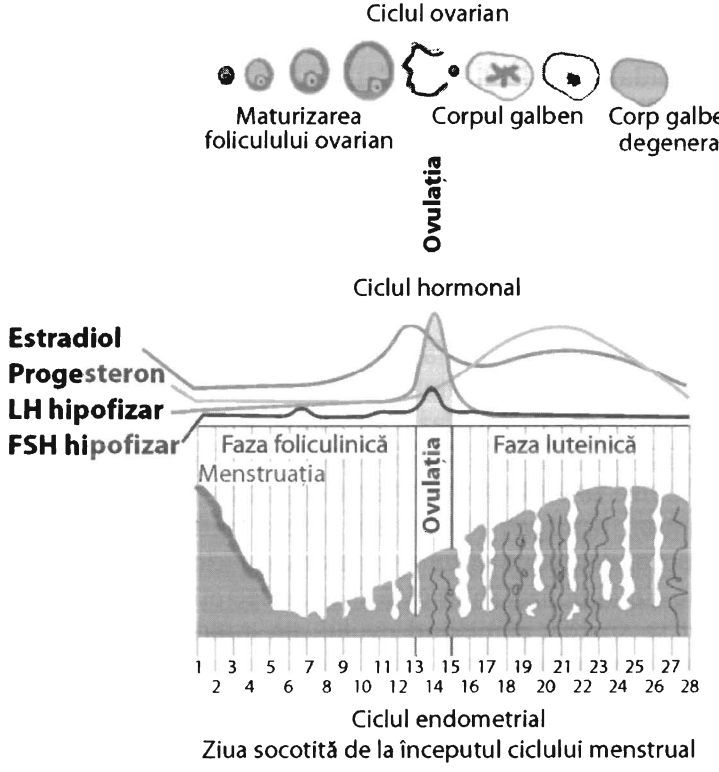


Fig. 11.7 – Ciclul menstrual.

faza sa luteinică, iar zilele 10-16 – intercalate între aceste două faze – reprezintă faza de ovulaţie, când ovulul are şansele optime să fie fecundat.

Hormonii care intervin sunt următorii:

~ Din hipotalamus: factorul eliberator *[releasing factor]* al hormonilor gonadotropi care ajunge la hipofiza anterioară pe calea sistemului port hipofizar, determină secreţia de FSH şi LH. Secreţia acestor neurohormoni (factori) din hipotalamus este dirijată printr-un mecanism de feed-back negativ de către concentraţia sanguină a hormonilor estrogeni şi progestageni.

~ Din hipofiza anterioară:

– FSH (hormonul foliculo-stimulant, gonadotrofina A) determină creşterea şi maturarea foliculilor ovarieni, secreţia de estrogeni şi modificările histologice ale endometrului caracteristice fazei proliferative a ciclului menstrual (faza foliculinică);

– LH (hormonul luteinizant, gonadotrofina B) care determină producerea ovulaţiei, secreţia de progesteron, controlează activitatea corpului galben şi modificările caracteristice ale endometrului în faza secretorie a ciclului menstrual (faza luteinică).

~ Din foliculii ovarieni şi corpul galben:

– Hormonii estrogeni (cel mai important fiind estradiolul), pregătesc uterul pentru nidaţia ovulului fecundat.

– Hormonii progestageni (cel mai important fiind progesteronul), sintetizaţi de corpul galben ovarian (în cursul sarcinii şi de către placentă) acţionează asupra mucoasei uterine.

Succesiunea în paralel a secreţiilor endocrine, a migraţiei ovulului şi a modificărilor histologice din endometru în cursul unui ciclu menstrual este următoarea:

– Ziua 0-5: Începutul şi desfăşurarea menstruaţiei: mucoasa uterină se elimină parţial, însoţită de o sângerare moderată şi de eliminarea ovulului (eliminat anterior) nefecundat (faza secretorie a ciclului menstrual).

– Ziua 5-10: Hipofiza anterioară descarcă o cantitate crescută de FSH, sub acţiunea căruia unul din foliculii ovarieni creşte şi se maturizează rapid, secretând hormon estrogen (foliculina). Acesta determină refacerea în întregime a mucoasei uterine (faza proliferativă a ciclului menstrual).

– Ziua 10-12: Hipofiza anterioară începe secreţia de LH. Foliculul ovarian maturizat se sparge, eliminând ovulul din interior spre trompa uterină din vecinătate (= ovulaţia).

– Ziua 12-20: În foliculul ovarian golit de ovul se dezvoltă corpul galben, care secretă progesteron. Mucoasa uterină, complet refăcută este pregătită să primească eventualul zigot (numai dacă ovulul a fost fecundat pe traiectul său).

– Ziua 20-28: Stadiul premenstrual. Corpul galben regresează. Dacă ovulul nu a fost fecundat, el nu va fi primit de mucoasa uterină; dacă a fost fecundat, are loc nidația (cuibărirea lui) în mucoasa uterină pregătită.

– Ziua 0: În absența fecundării, reîncepe noul ciclu menstrual însoțit de maturizarea unui nou folicul ovarian. În caz de fecundare, ciclul menstrual este abolit, corpul galben – în loc să regreseze – se dezvoltă mai departe, mucoasa uterină se îngroașă, consolidând poziția zigotului nidat, iar hipofiza anterioară începe secreția de prolactină sub acțiunea stimulantă a hipotalamusului care eliberează hormonul (factorul) eliberator *(releasing factor)* al prolactinei.

11.2.4. OVULAȚIA, FECUNDAȚIA ȘI NIDAȚIA *[Ovulation, fertilization and implantation of the fecundated ovum]*

• **Ovulația** – adică eliminarea unui ovocit de ordinul II, prin ruperea foliculului ovarian în care se adăpostea – are loc în a 10-a - a 12-a zi a ciclului menstrual, sub acțiunea creșterii bruște a descărcării de hormon foliculo-stimulant (FSH) și de hormon luteinizant (LH). De regulă, ovocitul eliminat este captat de extremitatea laterală (în formă de pâlnie) a trompei uterine. În trompa uterină are loc a doua diviziune mitotică, din care rezultă preovulul care se dezvoltă, devenind ovul. Migrarea ovulului este lentă, astfel încât întâlnirea lui cu un spermatozoid (dacă s-a consumat o relație sexuală), are loc în treimea externă a trompei uterine.

• **Fecundația.** Spermatozoidul prezintă la partea anterioară a capului un corpuscul ascuțit – acrozomul – conținând o enzimă care înlesnește pătrunderea spermatozoidului în ovul. S-a produs astfel fuzionarea spermatozoidului cu ovulul (fecundația) și a rezultat *zigotul* (ou fecundat) având formula cromozomială de tip diploid (46 de cromozomi), rezultată din însumarea cromozomilor de la ambii gameți care au – ne reamintim – formulă haploidă (23 de cromozomi fiecare). Sexul zigotului este acum stabilit prin fuzionarea celor două garnituri cromozomiale ale gameților. Dacă spermatozoidul are cariotip 23, X, unindu-se cu ovulul (care are tot 23, X), rezultă un organism de sex feminin cu cariotip 46, XX. Dacă spermatozoidul vine cu garnitura haploidă 23, Y, unindu-se cu ovulul (23, X) rezultă un organism de sex masculin (46, XY).

• **Nidația** este implantarea oului fecundat în profunzimea endometrului. Din acest moment s-a instalat sarcina (= gestația) a cărei durată se calculează începând din ziua a 10-a după ultima menstruație. În cursul sarcinii, activitatea endocrină este dominată de secreția de progesteron provenită din corpul galben (dezvoltat în fostul folicul ovarian) și din

placentă. Durata unei sarcini normale la specia umană este de 40 ± 2 săptămâni (fig. 11.8).

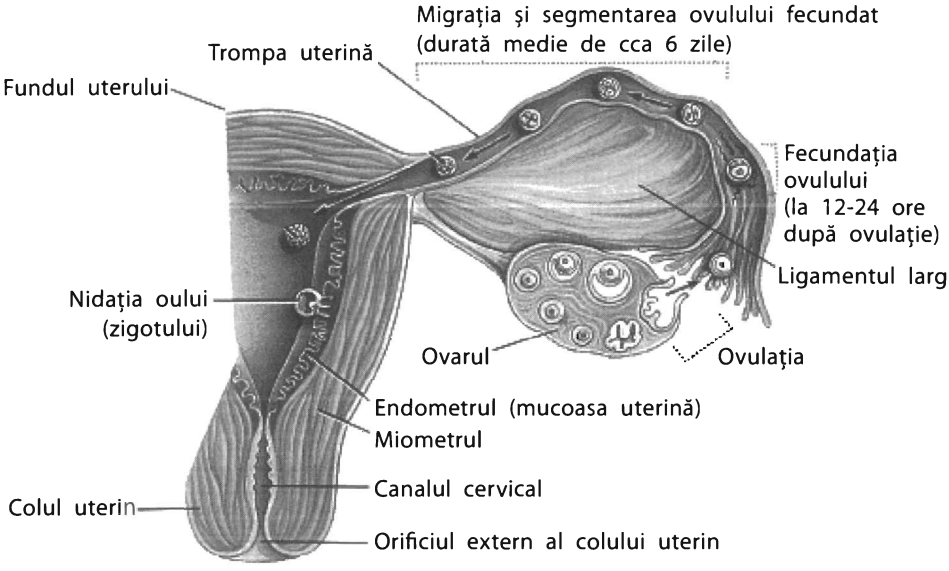


Fig. 11.8 – Ovulaţia, fecundaţia, migraţia zigotului şi nidaţia (implantarea) oului în mucoasa uterină.

11.2.5. GLANDA MAMARĂ *[The mammary gland]* (fig. 11.9)

Este un organ pereche situat în porţiunea superioară a toracelui anterior, alcătuită din 12-20 de lobi, separaţi prin septuri conjunctive. Lobii se divid în lobuli, iar aceştia conţin acinii glandulari care secretă laptele. Secreţia lactată este evacuată prin canalele galactofore, ale căror orificii se deschid în capătul mamelonului. Procesul de secreţie şi de excreţie a laptelui se realizează prin mecanisme endocrine: *prolactina* este hormonul secretat de hipofiza anterioară căruia îi revine funcţia de dezvoltare a ţesutului glandular mamar şi de declanşare a secreţiei lactate; un rol în stimularea lactaţiei îl deţine şi *ocitocina*, hormon secretat de hipotalamus şi stocat în hipofiza posterioară. La rândul ei, prolactina este produsă numai în urma acţiunii unui hormon din hipotalamus denumit hormonul (factorul) eliberator *[releasing factor]* de prolactină. Tot din hipotalamus provine şi hormonul (factorul) inhibitor al prolactinei *[prolactin-inhibiting hormone]* care are efectul antagonist. Secreţia lactată începe imediat după naştere, stimulată de modificările endocrine produse prin expulsia fătului şi eliminarea placentei.

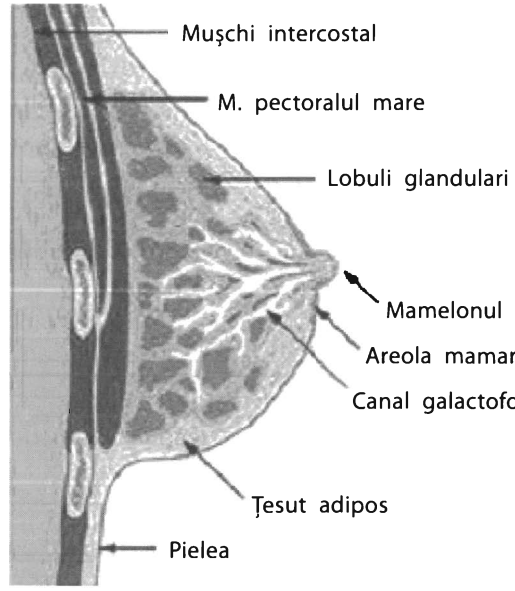


Fig. 11.9 – Glanda mamară: secțiune sagitală.

§ APLICAȚII ÎN PATOLOGIA APARATULUI GENITAL FEMININ *[Applications to the genital tract diseases in women]*

Cancerul de col uterin *[Cervical cancer]* este o tumoră malignă, localizată la colul uterin și produsă de papilomavirusul uman *(Human Papilloma Virus = HPV),* tipurile 16, 18, 31 etc. Se manifestă prin scurgeri și sângerări pe cale vaginală, ulterior prin dureri în regiunea bazinului și tulburări ale căilor urinare inferioare, apoi prin apariția de colonii la distanță (metastaze). Ca profilaxie, a fost produs un vaccin împotriva HPV («Cervarix»), care urmează a fi administrat la fetițe de 10-12 ani. Ca tratament se face terapie de iradiere, administrare de medicamente citostatice (anticanceroase) și extirpare chirurgicală a uterului (= histerectomie).

Cancerul endometrial *[Endometrial cancer]* este cel mai frecvent cancer al aparatului genital feminin și pare a fi datorat – printre alți factori – și unui dezechilibru endocrin. Tumora pleacă de la mucoasa uterină, apare de obicei după vârsta de 50 de ani și se manifestă mai ales prin hemoragii (metroragii) postmenopauză. Un rol important în diagnosticarea acestui tip de cancer (ca și a celui de col uterin) îl are examinarea la microscop a frotiului de secreție din uter, unde se pot depista celulele canceroase (frotiul Papanicolaou). Tratamentul cancerului endometrial este chirurgical (histerectomie radicală), însoțit de terapie de iradiere, de citostatice, și administrare de progesteron.

12. GLANDELE ENDOCRINE
[THE ENDOCRINE GLANDS]

DEFINIȚII ȘI EXPLICAȚII

- *ACTH = adrenocorticotrop hormone* = corticotrofina = hormon din hipofiza anterioară stimulant al secreției de glucocorticoizi de către glandele corticosuprarenale.
- *ADH = antidiuretic hormone* = hormonul antidiuretic = vasopresina = hormon care crește retroresorbția apei în tubii contorți distali și în tubii colectori ai rinichiului, micșorând astfel diureza.
- *Bradicardie* → Cap. 7 – APARATUL CARDIOVASCULAR.
- *Bradikinezie* = mișcări voluntare lente, efectuate greoi (prefixul *bradi-* indică rărirea unui ritm, a unei funcții).
- *Bradilalie* = exprimare greoaie și în ritm rar.
- *Bradipsihie* = desfășurare în ritm lent a proceselor psihice (gândirea, reacțiile în anumite situații).
- *Colesterolemie* = concentrația plasmatică a colesterolului total (la toate substanțele terminate cu sufixul *-emie* este vorba de concentrația lor plasmatică (proteine*mie*, lipide*mie*, glice*mie* etc.).
- *Feed-back* = mecanism de reglare automată în caz de modificare a unor constante biologice, prin declanșarea acțiunii inverse, care să normalizeze nivelul acestor constante și să restabilească echilibrul perturbat (reacție de conexiune inversă).
- *FSH = follicle stimulating hormone* = hormonul foliculostimulant = gonadotrofina A = hormon produs de hipofiza anterioară și care stimulează creșterea și maturarea foliculilor ovarieni precum și secreția de estrogeni [→ Cap. 11 – APARATUL REPRODUCĂTOR].
- *Hiper...* = prefix care arată activitate crescută.
- *Hiperplazie* = creștere exagerată a unui țesut sau organ prin înmulțirea elementelor celulare normale care îl compun.
- *Hipo...* = prefix care arată activitate scăzută.
- *LH = luteinizing hormone* = hormonul luteinizant = gonadotrofina B = hormon produs de hipofiza anterioară și care stimulează ovulația, secreția de hormoni androgeni și de progesteron [→ Cap. 11 – APARATUL REPRODUCĂTOR].

- *Melanină* = pigment fiziologic rezultat din metabolismul tirozinei, având culoare închisă (negru, brun-roşcat), secretat de melanocite şi transportat prin celule melanofore. Se găseşte în piele, coroidă, fire de păr, nevi melanici.
- *MSH = melanocyte-stimulating hormone* = hormonul melanocitostimulator = hormon care determină dispersia particulelor de melanină din celulele melanofore ale pielii, favorizând pigmentarea tegumentelor.
- *Paulescu Nicolae (1869-1931)* = fiziolog român, descoperitorul insulinei, pe care a denumit-o pancreatină, dar care nu a fost recunoscută pe atunci. Descoperirea ei a fost ulterior atribuită cercetătorilor canadieni Charles Best, Frederick Banting şi John Macleod, ultimii doi primind premiul Nobel pentru medicină în anul 1923.
- *Sinergic* = care se corelează în vederea aceluiaşi răspuns, care realizează acelaşi efect.
- *STH = somatotropic (growth) hormone* = hormonul somatotrop = hormon din hipofiza anterioară care stimulează activitatea cartilajelor de conjugare ale oaselor lungi, favorizând creşterea staturală.
- *TSH = thyroid-stimulating hormone* = hormonul tireotrop = hormon din hipofiza aterioară care stimulează creşterea glandei tiroide şi secreţia de hormoni tiroidieni.

Glandele endocrine sunt caracterizate prin secreţia unor substanţe speciale (hormonii) foarte active fiziologic, care sunt deversate direct în sânge şi acţionează la distanţă asupra unor organe-ţintă, având un rol deosebit de important în funcţionarea acestora. Tulburările glandelor endocrine se repercutează asupra organelor care depind de ele. Glandele endocrine NU au un canal excretor, ele venind în contact direct cu reţeaua de capilare în care îşi descarcă secreţia (fig. 12.1).

Un rol central de coordonare a activităţii endocrine îi revine hipotalamusului, deşi acesta NU este o glandă endocrină, ci o componentă din diencefal, segment al sistemului nervos central.

12.1. HIPOTALAMUSUL
[The hypothalamus]

Este o formaţiune a diencefalului, situată sub talamus, în planşeul ventriculului al 3-lea [→ Cap. 4.2.5 – DIENCEFALUL]. Are mai multe funcţii

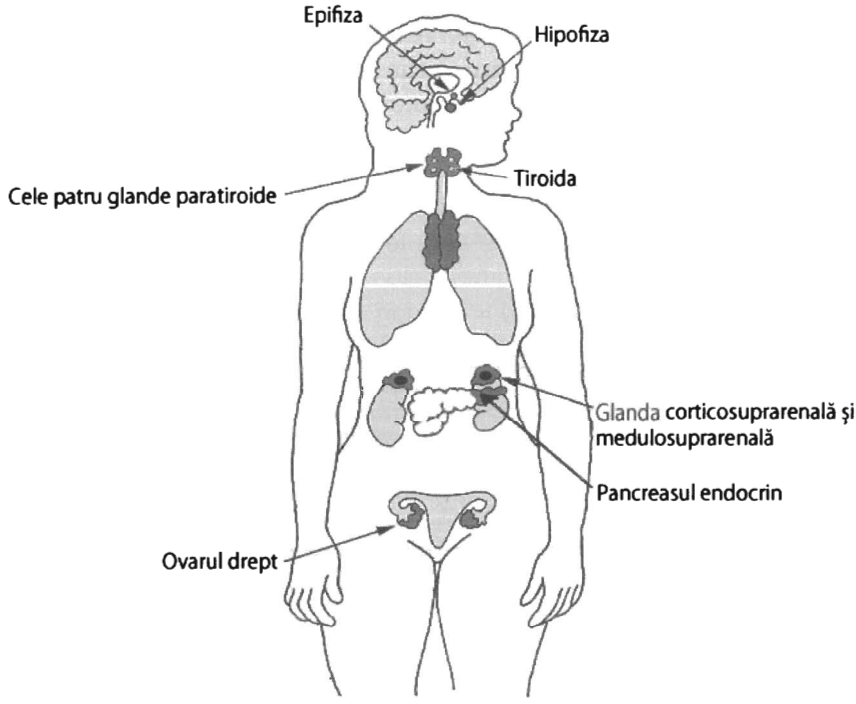


Fig. 12.1 – Glandele endocrine: distribuţia topografică.

vegetative, iar activitatea sa endocrină constă din producerea unor neurohormoni (factori) „eliberatori" sau inhibitori, care acţionează prin intermediul hipofizei. Prezintă grupuri celulare care alcătuiesc nucleii hipotalamici, având o diversitate de funcţii secretorii.

~ **Nucleii anteriori mediali** secretă:

– **factorul (hormonul) eliberator** *[releasing factor]* **de gonadotrofine** care acţionează asupra hipofizei anterioare, determinând din partea acesteia secreţia de gonadotrofină A (= FSH) şi de gonadotrofină B (= LH);

– **factorul (hormonul) eliberator** *[releasing factor]* **de hormon tireotrop** care acţionează asupra hipofizei anterioare stimulând secreţia de hormon tireotrop din partea acesteia;

– **factorul (hormonul) eliberator de corticotrofină** care acţionează asupra hipofizei anterioare, determinând secreţia de ACTH hipofizar;

– **hormonul antidiuretic (ADH, vasopresina)** care este stocat în hipofiza posterioară şi eliberat de acolo prin mecanism de feed-back;

– **oxitocina (ocitocina)** care este stocată în hipofiza posterioară, urmând a fi eliberată în momentul naşterii. Acest hormon favorizează contracţiile uterine care declanşează naşterea şi apariţia secreţiei lactate.

~ **Nucleii anteriori laterali** au alte funcţii.

~ **Nucleii tuberali mediali** secretă:

– **factorul (hormonul) eliberator** *[releasing factor]* **de STH** care acţionează asupra hipofizei anterioare determinând secreţia acesteia de hormon somatotrop.

~ **Nucleii tuberali laterali** au alte funcţii.

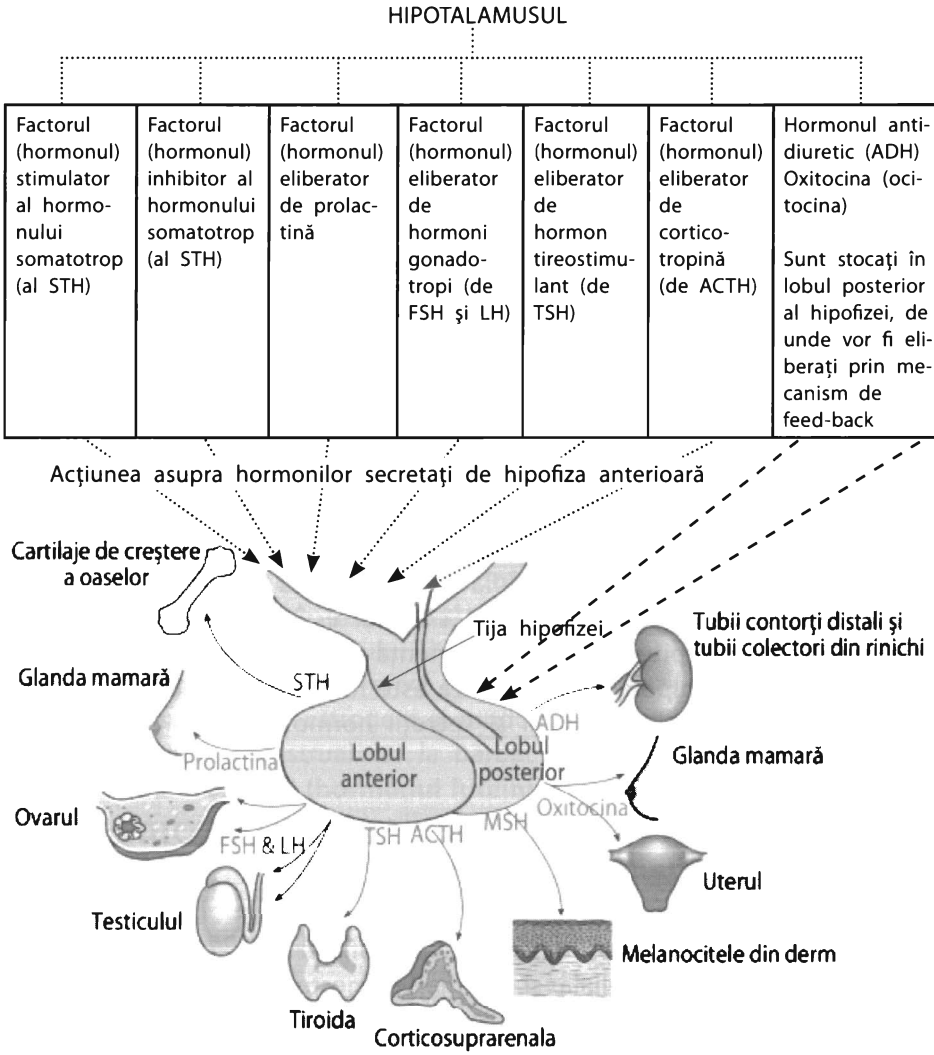


Fig. 12.2 – Rolul coordonator al hipotalamusului – prin intermediul hipofizei – asupra glandelor endocrine. STH = hormonul somatotrop; FSH = hormonul foliculostimulant; LH = hormonul luteinizant; TSH = hormonul tirostimulant (tirotropină, tirostimulină); ACTH = adreno-corticotrop hormon (corticotropină); MSH = hormonul melanocitostimulator; ADH = hormonul antidiuretic.

~ **Nucleii posteriori** au alte funcţii.

În plus, hipotalamusul mai secretă următorii neurohormoni:

- **factorul (hormonul) eliberator** *[releasing factor]* **de prolactină** care acţionează asupra hipofizei anterioare stimulând secreţia de prolactină;
- **factorul inhibitor** *[inhibiting factor]* **al hormonului somatotrop (somatostatina)** care acţionează asupra hipofizei anterioare diminuând secreţia de STH.

Toţi neurohormonii (factorii) care acţionează asupra hipofizei anterioare, o accesează pe cale sanguină, prin sistemul port (sistem venos cu dublă capilarizare) hipotalamo-hipofizar. Ceilalţi neurohormoni, proveniţi din hipotalamus şi care sunt stocaţi în hipofiza posterioară, ajung aici pe calea axonilor care alcătuiesc tija hipofizară şi care au originea în neuronii hipotalamici, formând tractul hipotalamo-hipofizar (fig. 12.2).

12.2. HIPOFIZA (GLANDA PITUITARĂ) *[Hypophysis (The pituitary gland)]*

Deşi subordonată hipotalamusului, ai cărui neurohormoni îi condiţionează activitatea, hipofiza are un rol major în coordonarea celorlalte glande endocrine, având şi o patologie proprie. Glanda hipofizară are forma şi mărimea unui bob de fasole şi se află situată la baza emisferelor cerebrale, adăpostită în şaua turcească a osului sfenoid. Este legată de baza hipotalamusului prin tija pituitară, în componenţa căreia intră axonii neuronilor din nucleul anterior hipotalamic. Hipofiza este formată din 3 lobi, cu origine embriologică diferită şi cu funcţii şi secreţii hormonale diferite.

12.2.1. LOBUL ANTERIOR AL HIPOFIZEI (ADENOHIPOFIZA) *[Anterior pituitary (Adenohypophysis)]*

Este cel mai voluminos dintre lobii hipofizari (cca 75% din volumul glandei), are origine epitelială şi se mai numeşte *adenohipofiză* datorită structurii histologice de tip glandular. În structura lobului anterior intră cordoane de celule secretoare care formează parenchimul glandular şi o stromă conjunctivo-vasculară conţinând o bogată reţea capilară. Legătura cu hipotalamusul se realizează prin sistemul port hipofizar, deci o reţea cu dublă capilarizare: una la nivelul hipotalamusului şi a doua la nivelul adenohipofizei. Acţiunile de comandă din partea hipotalamusului se

exercită deci prin factori (hormoni) transmişi pe cale sanguină. Hormonii hipofizei anterioare, secretaţi în urma comenzilor primite, sunt:

• **Hormonul somatotrop (STH)** care este hormonul de creştere, stimulând cartilajele de conjugare ale oaselor lungi şi sinteza proteinelor (deci hormon anabolizant). Activează transportul aminoacizilor în celule şi încorporarea lor în noi proteine. Creşte glicemia prin intensificarea glicogenolizei hepatice şi scăderea consumului tisular de glucoză (este deci şi hormon hiperglicemiant); mobilizează acizii graşi din depozitele lipidice şi stimulează cetogeneza, creând astfel surse de energie. Secreţia hormonului somatotrop este sub controlul a doi hormoni hipotalamici antagonişti: factorul de eliberare a STH şi factorul inhibitor al STH (somatostatina).

• **Hormonul tireotrop (TSH)** are efect stimulant asupra creşterii şi secreţiei tiroidiene. Secreţia acestui hormon este comandată de hipotalamus prin factorul (hormonul) eliberator de tirotropină şi menţinută în limite fiziologice printr-un mecanism de feed-back negativ pe care secreţiile tiroidiene – dacă sunt crescute în sânge – îl exercită asupra adenohipofizei.

• **Corticotrofina (ACTH)** acţionează asupra glandelor corticosuprarenale stimulând secreţia de glucocorticoizi (hidrocortizonul). Declanşarea şi menţinerea secreţiei de ACTH este comandată de hipotalamus prin factorul (hormonul) eliberator de corticotrofină. Reglarea secreţiei de ACTH are loc printr-un mecanism de feed-back: creşterea concentraţiei glucocorticoizilor plasmatici determină scăderea secreţiei de ACTH. Dimpotrivă, scăderea acestora are drept efect creşterea secreţiei de ACTH.

• **Hormonii gonadotropi (gonadotrofinele)** sunt reprezentaţi prin:

– **gonadotrofina A (hormonul foliculostimulant, FSH).** Acesta este secretat sub acţiunea factorului (hormonului) eliberator de gonadotrofine din hipotalamus şi are drept efect la femeie creşterea şi maturarea foliculilor ovarieni, secreţia de estrogeni şi modificările endometrului în faza proliferativă a ciclului menstrual, iar la bărbat stimularea spermatogenezei;

– **gonadotrofina B (hormonul luteinizant, LH)** este secretat sub acţiunea aceluiaşi factor (hormon) eliberator de gonadotrofine din hipotalamus şi are drept efect la femeie producerea ovulaţiei, secreţia de progesteron, controlul activităţii corpului galben şi modificărilor caracteristice ale endometrului în faza secretorie a ciclului menstrual, iar la bărbat stimulează secreţia de testosteron.

• **Prolactina** stimulează dezvoltarea glandelor mamare şi apariţia secreţiei lactate. Producerea prolactinei este dirijată de hipotalamus care emite doi neurohormoni: factorul (hormonul) eliberator de prolactină şi hormonul antagonist – factorul inhibitor al prolactinei. Secreţia de prolactină creşte în timpul sarcinii şi devine operaţională odată cu naşterea, când începe activitatea secretorie a glandei mamare.

12.2.2. LOBUL INTERMEDIAR AL HIPOFIZEI *[Intermediary pituitary]*

Situat între lobul anterior şi lobul posterior, acesta are tot origine epitelială (ca şi lobul anterior), dar deţine un volum foarte mic (2% din masa glandei hipofizare), fiind doar o simplă lamă epitelială aderentă la lobul posterior. Secretă *hormonul melanocitostimulator (MSH)* care determină pigmentarea pielii prin răspândirea particulelor de melanină transportată de celulele melanofore ale tegumentului. În absenţa MSH, pielea apare decolorată, prin faptul că particulele de melanină se restrâng în jurul nucleului celulelor melanofore.

12.2.3. LOBUL POSTERIOR AL HIPOFIZEI (NEUROHIPOFIZA) *[Posterior pituitary (Neurohypophysis)]*

Împreună cu tija hipofizară – care îl leagă de hipotalamus – acest lob are origine nervoasă. Prin tija hipofizară trec axonii neuronilor din hipotalamus care formează tractul hipotalamo-hipofizar. Urmând acest tract, neurohormonii (factorii) secretaţi de nucleii hipotalamici ajung în lobul posterior al hipofizei.

• **Hormonul antidiuretic (ADH, vasopresina)** este secretat de nucleii hipotalamici anteriori şi ajunge pe calea tractului hipotalamo-hipofizar (din tija hipofizei) în lobul posterior al hipofizei, unde este stocat. Acţiunea

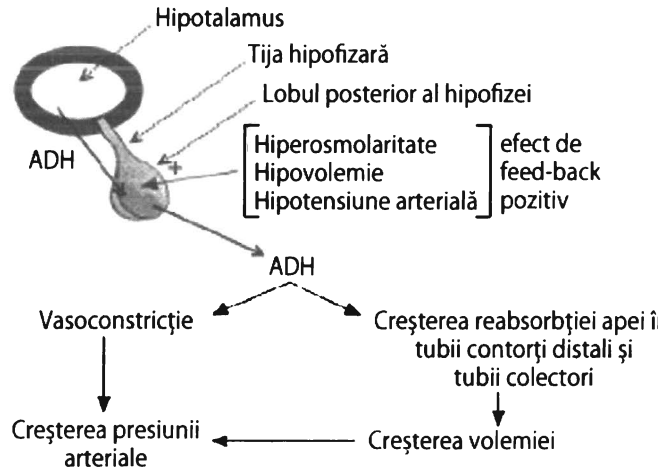


Fig. 12.3 – Reglarea secreţiei de ADH prin mecanism de feed-back şi acţiunile acestui hormon.

principală a ADH este creşterea (stimularea) retroresorbţiei facultative a apei în tubii contorţi distali şi în tubii colectori din rinichi. În acest mod, el scade diureza. Eliberarea de ADH de către neurohipofiză are loc printr-un mecanism de feed-back, declanşat de volumul de lichid circulant şi anume: o volemie scăzută, impunând economie de lichid, declanşează descărcarea unei cantităţi mai mari pentru a diminua pierderea prin diureză. Invers, în cazul unui exces de lichid în circulaţie, eliberarea de ADH stocat diminuează, pentru a facilita eliminarea surplusului de apă prin urină. Presiunea osmotică a plasmei are şi ea un rol: dacă este crescută, impune economie de apă pentru normalizare şi deci creşte eliberarea de ADH; dacă este scăzută, este necesară eliminarea apei care duce la diluarea electroliţilor, deci eliberarea de ADH scade. Informaţiile privind aceste situaţii sunt culese de osmoreceptorii şi baroreceptorii din sistemul circulator şi transmise pe căi aferente spre lobul posterior hipofizar.

O altă acţiune a hormonului antidiuretic este – în cantitate mare – de creştere a tensiunii arteriale prin stimularea musculaturii netede din pereţii arteriolari.

• **Oxitocina (ocitocina)** este secretată de nucleii hipotalamici anteriori, parcurge tractul hipotalamo-hipofizar din tija hipofizei şi este stocată în lobul posterior hipofizar. Efectele ei sunt de stimulare a contracţiilor musculaturii uterine pe uterul gravid, mai ales în cursul travaliului şi de provocare a excreţiei de lapte prin canalele galactofore ale glandei mamare. Eliberarea de oxitocină este reglată endocrin prin modificările umorale survenite în timpul sarcinii şi al naşterii.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA HIPOFIZEI *[Applications to the hypophysis pathology]*

Diabetul insipid endocrin *[Central diabetes insipidus]* apare datorită secreţiei insuficiente de ADH. Bolnavul elimină cantităţi enorme de urină din cauza deteriorării mecanismului de resorbţie a apei în tubii contorţi distali şi în tubii colectori renali. Se poate ajunge la o diureză de 20 l în 24 de ore. Urina este limpede, decolorată şi are densitatea apropiată de a apei (1001 - 1002). Tratamentul este extrem de simplu: instilarea de picături nazale de ADH (unul dintre produsele farmaceutice: **Adiuretin®**), dar trebuie urmat zilnic, vreme îndelungată.

Nanismul endocrin *[Dwarfism; nanism]*, statura deficitară cu peste 30% din înălţimea normală, este produs prin insuficienta secreţie de STH de către hipofiza anterioară în perioada de creştere. Trebuie deosebit de nanismul ereditar (familii de pitici) - care NU are legătură cu nici un deficit hormonal - şi de cel apărut în urma unor boli organice din perioada de creştere. Nanismul

endocrin este de tip armonic (în care proporţia dintre trunchi şi membre este respectată), iar funcţiile psihice NU sunt afectate.

Gigantismul *[Gigantism]* este statura excesiv de înaltă, din cauza secreţiei abundente de STH în perioada de creştere (cât timp cartilajele de conjugare nu s-au osificat, adică aproximativ până la 20 de ani). Dacă hipersecreţia de STH survine după această vârstă, are loc alungirea exagerată doar a extremităţilor (mâinile şi picioarele cu degetele lor) denumită **acromegalie** *[acromegaly]*, precum şi creşterea în volum a viscerelor.

12.3. GLANDA TIROIDĂ
[The thyroid gland]

Este situată în partea anterioară a gâtului, sub cartilajul tiroidian al laringelui. Ca aspect exterior, tiroida apare formată din doi lobi (drept şi stâng), uniţi printr-o porţiune îngustă – istmul tiroidian. Structura histologică arată în interior formaţiuni rotunde – foliculii tiroidieni care au marginile formate din celule epiteliale secretoare, iar centrul umplut cu un material vâscos – coloidul – care este de fapt, depozitul de precursori ai hormonilor tiroidieni. Cea mai importantă substanţă din coloid este tireoglobulina (care conţine aminoacidul tirozină). Hormonii tiroidieni se formează prin cooptarea iodului de către tireoglobulină, rezultând *triiodotironina (T_3)* şi *tetraiodotironina (T_4, tiroxina)*, produşii prin care tiroida îşi va exercita funcţiile şi anume:

– are rol în asigurarea creşterii şi dezvoltării somatice normale a organismului;

– stimulează procesele de oxidare intracelulară, reflectată prin creşterea metabolismului bazal;

– intensifică desfăşurarea catabolismului proteic cu creşterea substanţelor azotate de deşeu;

– stimulează lipoliza, cu scăderea depozitelor de ţesut adipos şi pierdere în greutatea corporală;

– scade sinteza de colesterol şi mobilizează mecanismele care diminuează colesterolemia;

– creşte absorbţia intestinală a glucozei;

– creşte catabolismul tisular al glucozei şi glicogenoliza, urmată de scăderea depozitelor de glicogen hepatic;

– măreşte diureza;

– controlează dezvoltarea gonadelor şi menţinerea activităţii lor normale;

– are rol în menţinerea secreţiei lactate;

– creează o stare de nelinişte şi de hiperactivitate motorie.

Activitatea tiroidei este controlată de hipofiza anterioară prin secreţia de hormon tireotrop (TSH), la rândul său condiţionat de secreţia de factor (hormon) eliberator de tireotropină din hipotalamus. Mecanismul de feed-back acţionează şi aici în sensul următor: în cazul în care concentraţia

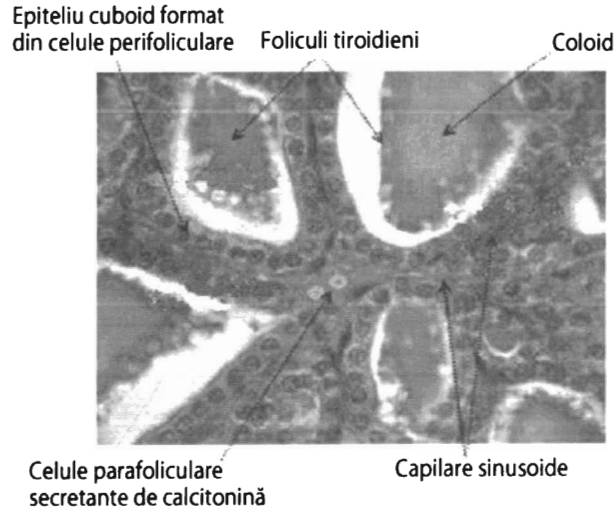


Fig. 12.4 – Glanda tiroidă: structura microscopică.

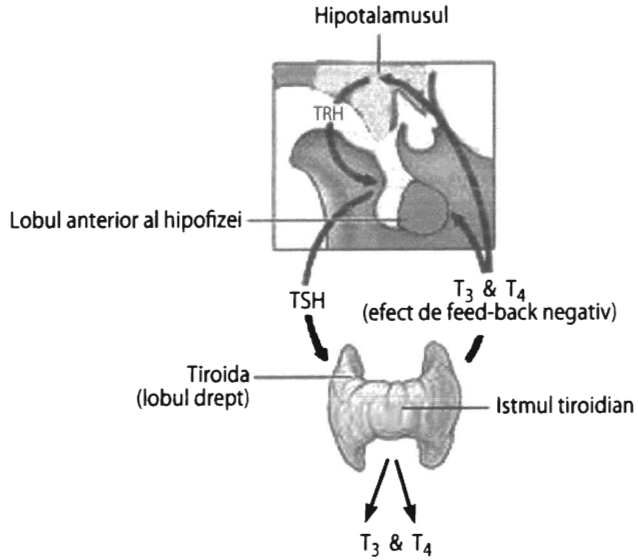


Fig. 12.5 – Reglarea secreţiei tiroidiene prin mecanism de feed-back. TRH = factorul (hormonul) eliberator de tirotropină; TSH = tirotropina; T_3 = triiodtironina; T_4 = tetraiodtironina (tiroxina).

plasmatică de tiroxină scade sau nevoia de tiroxină creşte (la frig sau în urma acţiunii unor stimuli psihici), hipotalamusul secretă un surplus de factor (hormon) eliberator de hormon tireotrop hipofizar (TSH) care determină creşterea secreţiei TSH de către hipofiza anterioară. TSH intensifică activitatea secretorie a tiroidei. În situaţia inversă, când concentraţia plasmatică a tiroxinei este crescută sau corpul este expus la o căldură prea mare, hipotalamusul îşi micşorează secreţia de factor eliberator de TSH, secreţia hipofizară a acestuia scade şi activitatea secretorie a tiroidei este diminuată.

În afară de foliculi, în tiroidă există şi celule parafoliculare care secretă *calcitonina*. Acesta este un antagonist al parathormonului, provocând scăderea calciului şi fosforului plasmatic (deci a calcemiei şi fosfatemiei) prin inhibarea ieşirii acestor elemente din ţesutul osos. Calcitonina este descărcată prin mecanism de feed-back, în momentul creşterii calcemiei.

Fig. 12.6 – Copil cu hipotiroidism congenital. Se remarcă aspectul corpului «îndesat», infiltrarea tegumentelor cu îngroşarea membrelor, faţa buhăită, buzele groase, limba care atârnă în afara gurii, privirea inexpresivă.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA GLANDEI TIROIDE *[Applications to the thyroid pathology]*

Cele două stări patologice principale în care este implicată tiroida sunt:

- **hipotiroidismul (mixedemul)** *[hypothyroidism; cretinism]* produs de diminuarea secreţiei hormonilor tiroidieni. Mixedemul este infiltrarea dermului

cu diferite substanţe organice (mucopolizaharide, acid hialuronic, condroitin sulfat B), adică un edem mucos;

- **hipertiroidismul (guşa exoftalmică, boala Basedow-Graves)** în care există un exces de secreţie a hormonilor tiroidieni. Simptomatologia celor două afecţiuni (opuse ca mecanism de producere) este prezentată paralel [→ Tabelul 12.1].

TABELUL 12.1

Paralelă între hipotiroidism (mixedem) şi hipertiroidism (guşa exoftalmică)

Criterii de comparaţie	Hipotiroidismul (mixedemul, insuficienţa tiroidiană)	Hipertiroidismul (guşa exoftalmică, boala Basedow-Graves)
Mecanism de producere (patogenie)	Insuficienţa secreţiei de hormoni tiroidieni	Hipersecreţia de hormoni tiroidieni
Guşa (hipertrofia vizibilă şi marcată a glandei tiroide)	Prezentă, masivă. Histologic: ţesut conjunctiv, fără foliculi tiroidieni	Prezentă, moderată. Histologic: abundenţă de foliculi tiroidieni
Aspect somatic	Statură mică (nanism); schiţează obezitate	În general tip constituţional slab
Aspectul feţei	Inexpresivă	Exoftalmie (proeminarea globilor oculari în faţă)
Pielea	Uscată, rece, la pensare senzaţie păstoasă (mixedem). Păr uscat şi friabil	Umedă, caldă
Temperatura corporală	În general hipotermici şi suferă de frig	În general hipertermici şi suferă de căldură
Funcţii ale organelor interne	Bradicardie, hipotensiune arterială, tendinţă la constipaţie	Tahicardie, TA crescută
Funcţii motorii şi psihice	Bradikinezie, bradipsihie, bradilalie	Agitat, nervos, precipitat în acţiuni şi gesturi

12.4. GLANDELE PARATIROIDE
[The parathyroid glands]

Sunt 4 glande (două superioare – dreaptă şi stângă – şi două inferioare – dreaptă şi stângă), de mărimea aproximativ a unor alune, toate fiind aşezate pe faţa posterioară a lobilor tiroidieni. Histologic, prezintă cordoane celulare anastomozate, înconjurate de stroma conjunctivă cu vase sanguine, vase limfatice şi nervi. Celulele secretoare produc parathormonul care are

ca acţiune principală menţinerea calcemiei la nivelul normal, printr-o serie de mecanisme care contribuie la creşterea calciului plasmatic cu scăderea fosfatemiei şi anume: stimulează absorbţia intestinală a calciului (acţiune sinergică cu cea a vitaminei D); scade eliminarea renală a calciului (favorizând excreţia de fosfaţi şi potasiu prin scăderea reabsorbţiei lor tubulare); mobilizează sărurile de calciu din ţesutul osos prin activarea osteoclastelor.

Reglarea secreţiei de parathormon se efectuează prin mecanism de feed-back: scăderea calciului ionizat plasmatic declanşează o activitate secretorie crescută din partea glandelor; creşterea calciului ionizat determină o scădere a producţiei de parathormon. Trebuie menţionat că NU există coordonare nervoasă a acestor 4 glande şi nici reglare din partea hipotalamusului sau a hipofizei.

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA GLANDELOR PARATIROIDE *[Applications to the parathyroid pathology]*

Cele două stări patologice importante în care pot fi implicate paratiroidele sunt:

Tetania paratireoprivă *[Parathyroprival tetany]* care exprimă insuficienţa paratiroidiană (prin lezarea lor accidentală în cursul unei intervenţii chirurgicale pe glanda tiroidă. *Atenţie,* extirparea tuturor celor 4 glande produce moartea!).

Hiperparatiroidismul *[Hyperparathyroidism]:* apare în caz de tumoră hipersecretantă a glandelor sau de hipertrofie în cursul unor afecţiuni care scad calcemia [→ Tabelul 12.2].

TABELUL 12.2

Paralelă între insuficienţa paratiroidiană şi hiperparatiroidism

Criterii de comparaţie	Insuficienţa paratiroidiană	Hiperparatiroidismul
Cauze	Extirpare parţială sau lezare în cursul unei intervenţii chirurgicale de vecinătate	Tumoră benignă hipersecretantă de parathormon sau afecţiuni care induc temporar hipocalcemie (ex.: hipovitaminoza D)
Mecanism (patogenie)	Creşterea excitabilităţii neuromusculare	Demineralizare osoasă prin mobilizarea sărurilor fosfocalcice
Simptome	Crize repetate de contracţii musculare spastice involuntare (convulsii, tetanie). Laringospasm (foarte grav!)	Dureri osoase cu deformări şi fracturi. Producerea de calculi urinari (litiază urinară). Depuneri fosfocalcice în ţesuturile moi
Calcemie	Este scăzută	Este crescută
Fosfatemie	Crescută	Crescută

12.5. GLANDELE SUPRARENALE
[The adrenal glands]

Sunt în număr de două (dreaptă şi stângă), fiecare din ele „coafând" polul superior al rinichiului de partea respectivă. Originea, structura şi funcţiile lor arată însă că, de fapt, în fiecare există două structuri glandulare cu origine şi funcţii diferite: la exterior, corticosuprarenala şi în centrul glandei, medulosuprarenala.

12.5.1. CORTICOSUPRARENALA *[Adrenal cortex]*

Embriologic, este de origine mezodermică, la fel ca glandele sexuale. Hormonii corticosuprarenalieni se divid în trei grupe: glucocorticoizi, mineralocorticoizi şi sexosteroizi, toţi fiind sintetizaţi pe o structură de colesterol (unul dintre rolurile pozitive ale colesterolului!).

• **Hormonii glucocorticoizi** sunt reprezentaţi de *cortizol (hidrocortizon)* care are multiple acţiuni asupra diverselor aparate şi sisteme:

~ *Acţiuni asupra aparatului cardiovascular:*

– are rol în menţinerea tensiunii arteriale normale. Curele de tratament lungi cu glucocorticoizi pot produce creşterea TA.

~ *Acţiuni asupra aparatului digestiv:*

– creşterea secreţiei de pepsină şi de acid clorhidric în sucul gastric, urmată de o creştere remarcabilă a apetitului. Utilizarea terapeutică în cure lungi a corticoglucoizilor poate fi urmată de apariţia unui ulcer gastric (ulcer cortizonic), uneori cu sângerări ale mucoasei gastrice:

– scade absorbţia intestinală a lipidelor.

~ *Acţiuni asupra unor metabolisme:*

– creşte glicemia, expunând, în curele lungi de tratament, la diabet cortizonic;

– creşte lipemia şi depunerea de ţesut adipos în hipoderm, însoţită de creşterea în greutate;

– creşte catabolismul proteic şi eliminarea urinară de produşi azotaţi;

– produce decalcifierea oaselor, urmată de osteoporoză.

~ *Acţiuni asupra rinichiului:*

– măreşte filtratul glomerular;

– scade retroresorbţia apei în tubii contorţi distali şi în tubii colectori renali, crescând diureza.

~ *Acţiuni asupra sistemului nervos central:*

– induce o stare de iritabilitate şi agitaţie psiho-motorie;

– creşte sensibilitatea faţă de stimuli olfactivi şi gustativi.

Activitatea corticosuprarenalelor este controlată de hormonul ACTH din hipofiza anterioară, care stimulează producţia şi secreţia de cortizol. ACTH-ul, la rândul lui, este produs sub acţiunea factorului (hormonului) eliberator de corticotrofină. Această succesiune este supusă mecanismului de feed-back, unde rolul declanşator revine cortizolului care circulă liber în plasmă (cea mai mare parte a cortizolului circulă legat de o proteină plasmatică şi NU intervine în feed-back).

§ APLICAŢII ÎN PATOLOGIA GLANDELOR CORTICOSUPRARENALE *[Applications to the adrenal cortex pathology]*

Stările patologice în care sunt implicate glandele corticosuprarenale sunt:

- **Insuficienţa corticosuprarenală** *[Adrenocortical insufficiency]*, care poate fi acută sau cronică.
- **Hipercorticismul (sindromul Cushing)** *[Hyperadrenocorticism; Cushing's syndrome]* descrise în paralel → Tabelul 12.3.

TABELUL 12.3

Paralelă între insuficienţa corticosuprarenală cronică şi hipercorticism (sindromul Cushing)

Criterii de comparaţie	Insuficienţa corticosuprarenală cronică (boala Addison)	Hipercorticism (sindromul Cushing)
Etiologie (cauze)	Tuberculoza corticosuprarenală	Tumoră benignă a hipofizei anterioare (adenom bazofil) hipersecretantă de ACTH; sau hiperplazie bilaterală a corticosuprarenalelor; sau cure prelungite de tratament cu glucocorticoizi
Aspectul somatic al bolnavului	Slab, astenic. Tegumente hiperpigmentate, bronzate	Supraponderal sau obez, cu faţa ca o „lună plină"; ţesut adipos subcutanat în cantitate excesivă; hipertricoză (abundenţă de păr pe corp); acnee (coşuri) pe faţă; apariţia de vergeturi pe pielea abdomenului şi pe coapse; atrofii musculare
Tensiune arterială	Scăzută	Crescută
Alte tulburări	Dureri abdominale, anemie; posibilă coma addisoniană	Hiperglicemie; hipokaliemie; osteoporoză (rarefacţia ţesutului osos)

- **Hormonii mineralocorticoizi** sunt reprezentaţi de *aldosteron*. Acţiunea principală a acestuia se exercită asupra tubilor contorţi distali şi tubilor

colectori renali, crescând reabsorbția facultativă a apei și a sodiului și mărind eliminarea urinară de potasiu și de radicali acizi. În hiperaldosteronism (un sindrom endocrin) apar oligurie, edeme, hipokaliemie și alcaloză metabolică.

• **Hormonii sexosteroizi**, sintetizați tot pe un nucleu colesterolic, sunt reprezentați în special de cei androgeni, *testosteronul.* În mod normal, cantitatea de androgeni produsă în corticosuprarenală este mică, dar în situația patologică de hiperplazie a corticosuprarenalelor, apar fenomene de masculinizare la fetițe: modificări ale organelor genitale, zone păroase pe suprafața pielii etc.

12.5.2. MEDULOSUPRARENALA *[Adrenal medulla]*

Embriologic, este de origine ectodermică, provenind din celulele crestei neurale. Histologic, este formată din celule mari, ovoide provenite din neuroni simpatici postganglionare cu morfologia modificată în sensul că nu mai au axoni și, în schimb, au devenit celule secretorii. Hormonii secretați de medulo-suprarenală, denumiți catecolamine, sunt ***noradrenalina*** și ***adrenalina (= epinefrina)***. (Informativ menționăm că mai există o catecolamină, dopamina, dar care NU este secretată de medulosuprarenală, ci de unii nuclei din SNC și care are alte acțiuni). Noradrenalina și adrenalina sunt substanțe simpaticomimetice, având deci efecte sinergice cu ale sistemului nervos vegetativ simpatic [→ Cap. 4.3 – SISTEMUL NERVOS VEGETATIV].

Noradrenalina este și neurotransmițătorul (mediatorul chimic) din sinapse pentru fibrele simpatice postganglionare eferente care transmit comanda la organele efectoare (acestea sunt deci sinapse adrenergice; reamintim că toate celelalte sinapse din SNV sunt sinapse colinergice, având ca neurotransmițător, acetilcolina; iar în SNC există și sinapse dopaminergice, având ca neurotransmițător dopamina). Efectele noradrenalinei și adrenalinei sunt asemănătoare, cu unele diferențe de intensitate:

~ Efecte asupra metabolismului:

– cresc metabolismul bazal, având efect calorigen;

– efect hiperglicemiant, intensificând glicogenoliza hepatică și musculară;

– mobilizează acizii grași liberi din depozitele adipoase.

~ Efecte asupra musculaturii netede viscerale:

– relaxează mușchii longitudinali ai tractului digestiv, încetinind peristaltismul intestinal;

– efect bronhodilatator (relaxarea musculaturii circulare a bronhiilor mici);

– relaxează mușchiul detrusor al vezicii urinare, îngreunând micțiunea;

– contractă sfincterul cardiei și sfincterul piloric, încetinind înaintarea de-a lungul tubului digestiv;

– contractă muşchii piloerectori, provocând „zbârlirea" părului;

– contractă muşchii radiari ai irisului, provocând midriază [a se vedea şi → Tabelul 4.10 – Comparaţie între acţiunile sistemului nervos vegetativ simpatic şi ale celui parasimpatic].

~ Efecte asupra aparatului cardiovascular:

– cresc excitabilitatea miocardului, forţa de contracţie şi frecvenţa cadiacă (noradrenalina cu efect mai slab);

– adrenalina produce vasoconstricţie în teritoriul hepatic şi vasodilataţie în teritoriul vaselor coronare, al vaselor pulmonare şi al muşchilor scheletici, crescând presiunea arterială; noradrenalina produce vasoconstricţie generalizată mai intensă decât adrenalina, cu creşterea tensiunii arteriale.

~ Efecte asupra sistemului nervos central:

– hiperactivitate şi anxietate prin stimularea sistemului reticulat ascendent.

Reglarea activităţii glandelor medulosuprarenale se realizează – spre deosebire de alte reglări hormonale – exclusiv pe cale nervoasă. În situaţiile care impun organismului o adaptare rapidă, cum ar fi efortul fizic, durerea, frica, frigul, asfixia, scăderea bruscă a TA, hipoglicemia, secreţia de adrenalină este crescută pe cale reflexă, astfel încât adrenalina trebuie considerată ca un hormon de stres cu rol în sindromul general de adaptare.

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA MEDULOSUPRARENALEI *[Application to the adrenal medulla pathology]*

Feocromocitomul *[Pheochromocytoma]* este o tumoră mică, benignă dezvoltată în medulosuprarenală sau într-un ganglion nervos din lanţul simpatic paravertebral. Deşi face parte din categoria "benigne" poate da tulburări extrem de grave datorită secreţiei excesive de catecolamine (noradrenalină şi adrenalină). Acestea determină creşteri atât de mari ale tensiunii arteriale încât pot duce la insuficienţă cardiacă.

12.6. PANCREASUL ENDOCRIN *[The endocrine pancreas]*

Sediul activităţii endocrine a pancreasului (glandă mixtă cu rol important şi în digestie) îl reprezintă insulele Langerhans, situate în coada pancreasului. În componenţa insulelor Langerhans intră două tipuri de celule secretorii: celulele A (alfa), reprezentând cca 20% din aceste celule şi

care secretă glucagonul şi celulele B (beta) reprezentând 75% din celulele insulelor Langerhans şi care secretă insulina. Acest hormon a fost identificat de savantul român Nicolae Paulescu, dar descoperirea insulinei a fost omologată şi atribuită unor cercetători canadieni [→ DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII].

• **Insulina**, principala secreţie a celulelor insulare, este un hormon hipoglicemiant (scade glucoza circulantă din sânge) prin următoarele mecanisme: favorizează pătrunderea glucozei în celule, chiar în cele a căror membrană nu permite intrarea glucozei; intensifică consumul tisular de glucoză; stimulează glicogenogeneza hepatică şi musculară pe socoteala glucozei circulante; în ţesutul adipos determină transformarea glucozei în trigliceride (urmând un anumit ciclu de reacţii biochimice → Cap. 13, §13.1.3. METABOLISMUL INTERMEDIAR GLUCIDIC); micşorează gluconeogeneza hepatică (transformarea în glucide a unor aminoacizi în ficat); favorizează sinteza de proteine (efect anabolizant); măreşte apetitul.

Reglarea secreţiei de insulină se face, în principal, prin mecanism de feed-back. Există o secreţie bazală a insulinei, care menţine glicemia în limite normale şi o secreţie prandială, care este în funcţie de aportul alimentar de glucide la acel prânz. O glicemie postprandială crescută determină o hipersecreţie insulinică, ce tinde să readucă la normal nivelul glucozei din sânge. Invers, o glicemie scăzută acţionează prin scăderea secreţiei insulinice. Secreţia insulinică mai este stimulată de impulsuri sosite pe calea nervului vag, de secretină, colecistokinină şi de gastrină. Ea este inhibată de adrenalină şi noradrenalină. Principala boală produsă de insuficienta secreţie de insulină sau de insuficienta utilizare a insulinei este diabetul zaharat. Utilizarea terapeutică a insulinei a dus la apariţia unei alte tulburări grave, coma hipoglicemică, apărută în urma supradozării hormonului.

• **Glucagonul**, secretat de celulele A (alfa) din pancreasul endocrin, mai este produs şi de celule cu structură asemănătoare din pereţii stomacului şi duodenului. El are o acţiune opusă insulinei, fiind hormon hiperglicemiant prin stimularea glicogenolizei hepatice şi a gluconeogenezei din aminoacizi; are şi acţiune lipolitică prin activarea lipazei din celulele adipoase.

Reglarea secreţiei de glucagon are loc tot prin mecanism de feed-back, acţionând în sens opus faţă de insulină. În condiţii de inaniţie, când glicemia scade, glucagonul intervine, stimulând gluconeogeneza şi menţinând în limite aproape normale concentraţia sanguină a glucozei.

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA PANCREASULUI ENDOCRIN
[Application to the endocrine pancreas pathology]

Diabetul zaharat *[Diabetes mellitus]* este principala şi cea mai frecventă boală în care este afectat pancreasul endocrin. Este o tulburare a metabolismului glucidic, având cauze multiple: transmitere genetică, viroze care distrug celulele β din insulele Langerhans situate în coada pancreasului şi care sunt producătoare de insulină, apariţia de autoanticorpi antiinsulari sau antiinsulină, alimentaţie dezechilibrată, unele medicamente consumate timp îndelungat (glucocorticoizii), stresuri repetate. Mecanismul de producere a diabetului constă din incapacitatea metabolizării glucozei la nivel celular datorită fie deficitului de secreţie a insulinei, fie imposibilităţii ei de a acţiona. Din acest motiv, diabetul zaharat se clasifică în două tipuri principale: tipul 1 insulino-dependent (întâlnit la copii, adolescenţi şi tineri) şi tipul 2 non-insulino-dependent (întâlnit la persoane cu vârsta în general peste 40 de ani). Insulina, principalul hormon care reglează metabolismul glucidic, are ca efect scăderea glicemiei prin activarea oxidării intracelulare a glucozei, prin creşterea glicogenogenezei şi prin diminuarea glicogenolizei şi a gluconeogenezei. În consecinţă, în diabetul zaharat netratat există o hiperglicemie permanentă (depăşeşte 120 mg/dl pe nemâncate) însoţită de glicozurie permanentă (apariţia glucozei în urină; în mod normal aceasta trebuie să fie absentă). Principalele simptome ale diabetului zaharat sunt polifagia, polidipsia şi poliuria. Efecte antagoniste insulinei (adică hiperglicemiante) au: glucagonul (secretat de celulele α din insulele Langerhans), hormonii glucocorticoizi (secretaţi de glandele corticosuprarenale) şi adrenalina (secretată de glandele medulosuprarenale).

12.7. TESTICULUL (COMPONENTA ENDOCRINĂ)
[Testis (the endocrine constituent)]

[→ A se vedea şi Cap. 11.1 – APARATUL GENITAL MASCULIN]

Testiculul, glandă cu secreţie mixtă, are componenta endocrină reprezentată prin celulele interstiţiale Leydig. Aici se secretă, din momentul pubertăţii, ***testosteronul***, principalul hormon androgen (cu caracter masculin) a cărui producţie este dirijată de hipofiza anterioară prin gonadotrofina B (luteohormonul, LH). Acesta, la rândul său, apare sub acţiunea factorului

(hormonului) de eliberare a gonadotrofinei B emis de hipotalamus. Efectele testosteronului sunt: dezvoltarea organelor genitale externe şi toate caracterele sexuale secundare masculine (apariţia pilozităţii caracteristice; îngroşarea vocii; conformaţia trupului cu caracterele tipice etc.).

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA ENDOCRINĂ A TESTICULULUI *[Application to the endocrine pathology of testis]*

Eunucoidismul *[Eunuchoidism]* constă în deficienţa secreţiei endocrine a testiculului (hipogonadism masculin). Din acest motiv, caracterele sexuale secundare masculine NU mai apar (părul de pe faţă, îngroşarea vocii, distribuţia diferită a ţesutului adipos subcutanat, iar penisul este atrofiat). Se va deosebi de **eunuchism**, stare ce prezintă manifestări asemănătoare, dar produse în urma castrării.

12.8. OVARUL (COMPONENTA ENDOCRINĂ) *[Ovary (the endocrine constituent)]*

[→ A se vedea şi Cap. 11.2 – APARATUL GENITAL FEMININ]

Ovarul, glandă cu secreţie mixtă, are drept componentă endocrină secreţia de:

– **estrogeni,** proveniţi din foliculii ovarieni, sub acţiunea gonadotrofinei A [= FSH] emisă de hipofiza anterioară). Estrogenii includ estradiolul, estriolul şi estrona (= foliculină);

– **progesteron** (din corpul galben ovarian, sub acţiunea gonadotrofinei B [=LH] emisă de hipofiza anterioară).

La rândul lor, cele două gonadotrofine A şi B sunt secretate sub comanda factorului (hormonului) de eliberare a gonadotrofinei A şi a gonadotrofinei B, produs în hipotalamus.

Efectele estrogenilor constau din determinarea apariţiei caracterelor sexuale secundare feminine la pubertate şi favorizarea refacerii endometrului în perioada postmenstruală (faza proliferativă a ciclului menstrual).

Efectele progesteronului constau din favorizarea ovulaţiei şi consolidarea implantării oului fecundat în mucoasa uterină.

12.9. EPIFIZA (GLANDA PINEALĂ) *[Epiphysis cerebri (Pineal body)]*

Situată în partea dorsală a diencefalului, glanda se dezvoltă numai în cursul copilăriei şi involuează înainte de instalarea pubertăţii. Ca structură histologică, prezintă celule nevroglice cu caracter secretor înconjurate de o stromă conjunctivă. Principalul produs de secreţie al epifizei este *melatonina*, hormon produs numai în întuneric, deoarece lumina puternică, prin intermediul retinei, acţionează asupra fibrelor simpatice, având efect inhibitor asupra secreţiei de melatonină. Acest hormon are rol în reglarea ciclului veghe-somn; el exercită acţiune inhibitoare asupra gonadotrofinei A şi gonadotrofinei B secretate de hipofiza anterioară precum şi asupra axului hipotalamo-hipofizo-corticosuprarenalian.

13. METABOLISMUL. TERMOREGLAREA. NECESARUL NUTRIŢIONAL ŞI ENERGETIC *[METABOLISM. THERMOREGULATION. NUTRITIONAL AND ENERGY REQUIREMENTS]*

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Acetil-coenzima A = acetil-CoA* = substanţă organică ce constituie punctul de plecare al mai multor căi metabolice, printre care: oxidarea în ciclul Krebs, biosinteza acizilor graşi, formarea precursorilor colesterolului endogen, producerea corpilor cetonici.
- *ADP = acid adenozindifosforic* [a se vedea şi → ATP].
- *ATP = acid adenozin trifosforic (adenozin trifosfat)* = nucleotid cu rol de „carburant celular", compus din adenină, riboză (care este o pentoză) şi trei radicali fosfat. Ultimii doi radicali sunt uniţi cu restul moleculei prin legături foarte energogene, conţinând între 7.300-12.000 calorii/mol de ATP. Aceste legături fiind labile, se produce uşor scindarea moleculei în ADP şi acid fosforic, cu degajarea de energie. Ulterior, ADP se recombină cu acidul fosforic refăcând ATP şi ciclul reacţiilor energogene celulare se reia de la început.
- *Chilomicroni* = globule mici de grăsime alcătuite din proteine şi lipide, sintetizate în mucoasa intestinală. Se găsesc în sânge şi limfă şi folosesc – după absorbţia intestinală a lipidelor – la transportul acestora către ficat şi ţesutul adipos. După un prânz bogat în lipide, sângele devine pentru scurt timp atât de bogat în chilomicroni încât poate lua un aspect lăptos.
- *Ciclul Krebs* = succesiunea de reacţii enzimatice care au drept rezultat producerea de energie prin degradarea glucidelor la nivelul mitocondriilor din celule. Este ca o placă turnantă cu învârtire continuă unde sunt antrenaţi metaboliţii intermediari ai proteinelor, glucidelor şi lipidelor, în drumul lor final de descompunere până la CO_2 şi H_2O. În plus, din reacţiile desfăşurate se formează şi corpi cetonici.

- *Comensal* = (micro)organism care se hrăneşte pe socoteala resturilor nutritive ale altui organism, fără a-i aduce prejudicii.
- *Dizaharide* = glucide cu formula generală $C_{22}O_{11}H_{22}$, care prin hidroliză dau naştere la două molecule de monozaharide. Dintre dizaharide fac parte următoarele glucide: zaharoza (= zahărul, sucroza) care se scindează într-o moleculă de glucoză + o moleculă de fructoză; lactoza care se scindează într-o moleculă de glucoză + o moleculă de galactoză; maltoza care se scindează în două molecule de glucoză.
- *Esteri* = compuşi chimici rezultaţi din combinarea unor acizi organici cu alcooli, prin eliminarea uneia (sau mai multor) molecule de apă. Au formula generală R_1-COO-R_2. Cel mai tipic exemplu îl constituie trigliceridele care sunt esteri ai glicerolului (= glicerina, care este un trialcool) cu diferiţi acizi graşi.
- *Glicoliză* = procesul enzimatic de conversie a glucozei în acid piruvic şi acid lactic, în urma căruia rezultă energie stocată sub formă de ATP.
- *Hexoze* = monozaharide care au formula generală $C_6O_6H_{12}$, denumite astfel pentru că au 6 atomi de carbon în moleculă. Aici se includ glucoza (= dextroza), fructoza (= levuloza) şi galactoza.
- *Hidroliză* = scindarea unei molecule de substanţă, în două sau mai multe componente mai mici, prin introducerea unor molecule de apă în structura ei.
- *Microtubuli* = structuri de tip tubular, aflate în citoplasma majorităţii celulelor, cu rol în menţinerea formei celulei, în mişcarea organitelor celulare şi a incluziilor şi care formează fusul celular în cursul mitozei.
- *Macrominerale* = substanţele minerale care – sub formă de săruri – sunt necesare în raţia alimentară zilnică într-o cantitate de ordinul gramelor sau apropiată de acestea (ex.: calciu, magneziu, sodiu, potasiu, clor). Au rol structural şi funcţional important, dar NU sunt energogene.
- *Macronutrienţi* = substanţele nutritive organice energogene (producătoare de kilocalorii) şi care sunt necesare în raţia alimentară zilnică într-o cantitate de ordinul zecilor de grame (proteine, lipide, glucide).
- *Monozaharide* = glucide cu cea mai simplă formulă şi care nu mai pot fi scindate în molecule glucidice mai mici. Cuprind [→] pentozele şi [→] hexozele.
- *NADPH = Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate* = coenzimă utilizată în reacţii anabolice, precum sinteza acizilor nucleici. Este forma redusă a $NADP^+$.

- *Nutrient* = substanţă nutritivă existentă în alimente. Există macronutrienţi care au moleculă mare şi aport energetic de kilocalorii (proteinele, lipidele şi glucidele) şi micronutrienţi cu moleculă mică şi fără aport energetic, dar cu rol funcţional important (substanţele minerale şi vitaminele).
- *Nutriţie* = totalitatea proceselor prin care substanţele nutritive sunt introduse în organism, prelucrate, încorporate, asimilate şi utilizate.
- *Oligoelemente* = substanţe minerale şi organice cu rol nutritiv, necesare organismului în cantităţi zilnice foarte mici (miligrame sau micrograme): cobalt, cupru, fier, fluor, seleniu, zinc şi toate vitaminele. Au rol funcţional important, dar NU sunt energogene.
- *Pentoze* = monozaharide cu 5 atomi de carbon în moleculă. Includ riboza, xiloza şi arabinoza.
- *Polizaharide* = glucide cu moleculă foarte mare, alcătuite din lanţuri cu numeroase molecule de glucoză. Principalele polizaharide vegetale sunt amidonul (din cereale şi cartofi) şi celuloza (polizaharid care intră în structura peretului celulelor vegetale şi care la om este nedigerabil); principalul polizaharid animal este glicogenul, formă de depozit glucidic din ficat şi din muşchi. Prin hidroliză, polizaharidele sunt scindate în moleculele de glucoză componente.
- *Raţie alimentară* = Stabilirea calitativă şi cantitativă a alimentelor necesare organismului pentru 24 de ore, ţinându-se seama de proporţiile dintre macronutrienţi şi de nevoile energetice.
- *Saprofit* = microorganism care se hrăneşte cu materii organice în descompunere, provenite de la un alt organism, fără a avea efecte patogene.

Metabolismul este totalitatea transformărilor biochimice şi energetice pe care le suferă componentele din materia vie în tot timpul existenţei ei. Încetarea metabolismului înseamnă însăşi încetarea vieţii. Metabolismul, în ansamblul lui, este alcătuit din două procese antagoniste, legate indisolubil, permanente, cu desfăşurare simultană şi anume:

- **Anabolismul** (asimilaţia) care constă din sinteza de materie vie. Constituenţii structurali ai celulelor se reînnoiesc neîncetat pe seama substanţelor nutritive conţinute în alimentele consumate. Acest proces se realizează cu consum energetic;
- **Catabolismul** (dezasimilaţia) prin care materia vie sau unii compuşi intermediari se dezintegrează eliberând energia necesară pentru numeroase activităţi şi funcţii. Această energie rezultă de fapt din procese oxidative (glicoliza aerobă, beta-oxidarea acizilor graşi, oxidarea corpilor cetonici). Acţiunea catabolismului se desfăşoară în două etape:

– degradarea incompletă a substanţelor organice proprii, în urma căruia se formează produşi intermediari (acid piruvic, acid lactic, corpi cetonici) şi se eliberează o cantitate mică de energie folosită la sinteza ATP;

– urmează degradarea completă a acestor produşi intermediari până la produşii finali (dioxid de carbon, apă, uree, acid uric, creatinină – produşi care, în final, sunt eliminaţi din organism) prin care se eliberează o cantitate mai mare de energie, tot pentru sinteza de ATP.

TABELUL 13.1

Circuitul macronutrienţilor în cadrul proceselor de anabolism şi catabolism

Are loc absorbţia de substanţe nutritive dezintegrate în molecule mici componente în cursul digestiei: aminoacizi, hexoze, pentoze, acizi graşi, glicerol.
↓
Se resintetizează în organism macromoleculele organice necesare pentru rolul plastic (de construire a materiei vii): proteine, glicogen, trigliceride = ANABOLISM:
↓
Se dezintegrează macromoleculele organice (proteine, glicogen, trigliceride) = CATABOLISM, rezultând: – pe de o parte, produşii necesari metabolismului celular şi diferitelor activităţi funcţionale (energia necesară este furnizată de ATP), iar în final produşii de deşeu (amoniac, uree, acid uric, creatinină, acid lactic) care urmează a fi eliminaţi prin organele excretoare (în primul rând rinichii); – pe de altă parte, moleculele mici componente ale macromoleculelor organice, care reintră în circuitul sintezelor şi al unor activităţi funcţionale, realizând un ciclu de reînnoire a materiei intracelulare.

Celula vie este deci, permanent, străbătută de un curent de materie.

Se deosebesc mai multe categorii de metabolism, care vor fi detaliate în paragrafele următoare.

– **Metabolismul intermediar** se referă la transformările în lanţ reprezentând procese de degradare şi de sinteză pe care le suferă diferitele substanţe nutritive (proteine, lipide, glucide) după ce au fost preluate din tubul digestiv până la aducerea lor în stadiul de substanţe de deşeu care urmează a fi eliminate. Metabolismul intermediar este cel care contribuie la schimburile dintre celule şi mediul ambiant.

– **Metabolismul bazal** este consumul energetic minim pentru asigurarea strict a funcţiilor vitale: respiraţia, activitatea cardiacă, circulaţia periferică. Acest tip de metabolism se determină cu subiectul în repaus absolut fizic şi psihic, în condiţii de confort termic (la 20°C), fără să mănânce nimic, cu alte cuvinte nu are decât activitate respiratorie, cardio-circulatorie şi excretorie (deci se află în condiţii „de bază").

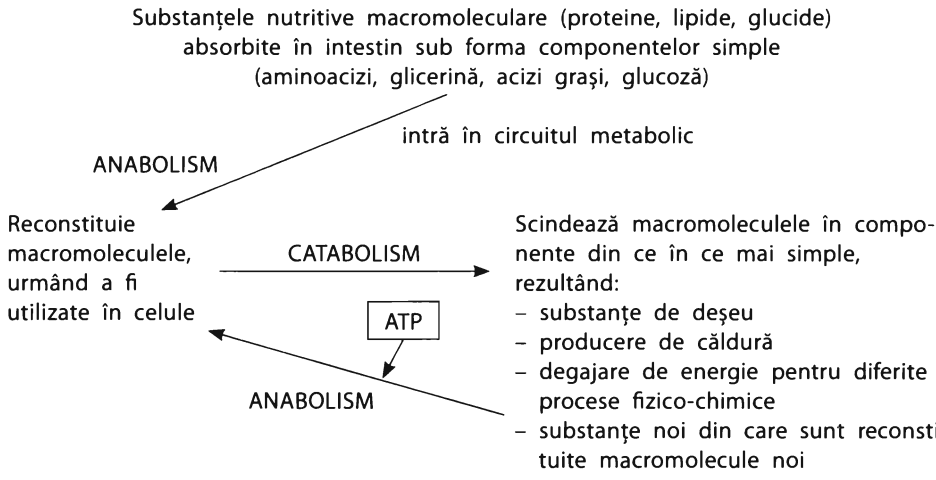


Fig. 13.1 – Interrelaţia anabolism-catabolism.

– **Metabolismul energetic** este ansamblul proceselor prin care materia vie primeşte energia necesară tuturor funcţiilor şi activităţilor pe care le desfăşoară, generează energie prin reacţii fizico-chimice intracelulare (reacţii de oxido-reducere), înmagazinează energia sub forma diferiţilor compuşi chimici şi eliberează energia acumulată sub diferite forme: calorică (producere de căldură), mecanică (contracţii musculare), electrică (producerea curenţilor de acţiune din muşchii striaţi, din miocard, din emisferele cerebrale);

– **Metabolismul celular:** totalitatea reacţiilor fizico-chimice care se petrec la nivel celular şi prin care fiecare celulă îşi poate îndeplini funcţiile specifice şi îşi asigură înmulţirea. Sediul pentru sinteza proteinelor celulare este în ribozomi, iar reacţiile de oxido-reducere care sunt sursa de energie se desfăşoră în mitocondrii.

13.1. METABOLISMUL INTERMEDIAR *(The intermediary metabolism)*

13.1.1. METABOLISMUL INTERMEDIAR PROTIDIC *(Proteins intermediary metabolism)*

Proteinele sunt substanţe organice macromoleculare cu proprietăţi coloidale, alcătuite din lanţuri lungi de aminoacizi. În compoziţia lor intră obligatoriu numeroşi atomi de C, H, O, N şi la unele dintre ele P sau S.

Organismul uman posedă următoarele categorii de proteine: albumine (ex.: serumalbumina); globuline (ex. serumglobulinele); metaloproteine (ex.: hemoglobina din eritrocite); nucleoproteine (din nucleii celulari, conţin acizii nucleici ADN şi ARN).

Aminoacizii, elementele constitutive ale proteinelor, sunt substanţe organice care au în moleculă radicalul amino (-NH_2) cu funcţie bazică şi radicalul carboxil (-COOH) cu funcţie acidă. Moleculele de substanţă organică rezultate prin unirea a 2 până la 10 aminoacizi, se numesc oligopeptide. Moleculele mai mari, conţinând mai mult de 10 aminoacizi sunt polipeptide.

De-a lungul tractului digestiv, proteinele din alimente suferă – sub acţiunea enzimelor digestive proteolitice – un proces de hidroliză prin care sunt scindate progresiv până la componentele cele mai simple, aminoacizii [→ Cap. 9.3 – FIZIOLOGIA DIGESTIEI]. Sub această formă sunt absorbite prin vilozităţile intestinale şi ajung în circulaţia sistemică. Din acest moment începe metabolismul intermediar protidic în sensul strict al noţiunii. El parcurge următoarele etape succesive:

I. O parte din aminoacizii absorbiţi ajung pe calea venei porte la ficat, unde sunt folosiţi pentru ***sinteza proteinelor proprii*** ale organismului, unele structurale (intrând în compoziţia celulelor şi a ţesuturilor) şi altele funcţionale (în factori de coagulare, anticorpi, enzime etc.).

II. Aminoacizii nereţinuţi de ficat sunt transportaţi mai departe prin ***circulaţia sistemică*** spre ţesuturi, unde vor fi extraşi şi utilizaţi potrivit nevoilor. O cantitate foarte mică de aminoacizi este permanent prezentă în sânge (= aminoacidemie).

III. ***Biosinteza de proteine*** specifice ale organismului, reprezentând anabolismul protidic propriu-zis, are loc în ribozomii din celule. Principalul organ-sediu al sintezei de proteine este ficatul, unde se formează serumalbuminele, serumglobulinele, fibrinogenul şi alţi factori de coagulare cu structură proteinică (factorii VIII, IX).

IV. Catabolismul aminoacizilor se efectuează în special prin ***dezaminare oxidativă***, care are loc în ficat. În urma dezaminării rezultă un ***cetoacid*** (principalul fiind acidul piruvic) şi amoniac (NH_3).

V. Cetoacizii pot sintetiza alţi aminoacizi prin **transaminare,** adică prin cooptarea unei grupări amino-, desprinsă de la un alt aminoacid. Acest proces se desfăşoară sub acţiunea enzimelor denumite (sugestiv!) transaminaze: aspartat-aminotransferaza (= AST, GOT) şi alanin-aminotransferaza (= ALT, GPT). Este evident că pe această cale se pot sintetiza numai aminoacizii care au un cetoacid corespunzător. Ceilalţi, care nu au asemenea cetoacizi, trebuie să fie aduşi prin alimentele consumate. Ei se numesc ***aminoacizi esenţiali***. NU pot fi sintetizaţi în organism şi sunt în număr de 10: arginina, fenilalanina, histidina, izoleucina, leucina, lizina, metionina, treonina, triptofanul şi valina.

VI. O altă parte dintre cetoacizi pot fi ***angrenaţi în ciclul Krebs*** şi oxidaţi complet până la stadiul de H_2O şi CO_2, cu degajarea de energie.

VII. Alţi cetoacizi contribuie la procesul de ***gluconeogeneză***, adică la formarea de molecule de glucoză din substanţe neglucidice. Gluconeogeneza se desfăşoară în ficat, prin parcurgerea mai multor etape cu compuşi intermediari şi are un randament redus, din aminoacizii a 100 g proteine, putându-se obţine în final doar 58 g glucoză.

VIII. Prin degradarea în ficat a cetoacizilor se obţin ***corpii cetonici*** (acetona, acidul acetilacetic şi acidul β-hidroxibutiric), care vor fi utilizaţi ca material energetic sau pentru sinteza unor acizi graşi.

IX. O altă cale de catabolism al aminoacizilor o reprezintă ***decarboxilarea,*** adică pierderea grupării carboxilice. Acest mecanism are loc în intestinul gros, sub acţiunea florei anaerobe de putrefacţie existentă în a doua jumătate a colonului transvers şi în colonul descendent. Se formează amine biogene: histamina, tiramina şi unele chiar toxice (cadaverina şi putresceina) care sunt eliminate prin materiile fecale. În cazurile de constipaţie, aceste amine se resorb prin celulele din mucoasa intestinului gros şi pe calea venei mezenterice inferioare (tributară a venei porte) ajung în ficat, unde sunt neutralizate.

X. **Amoniacul** rezultat din dezaminarea aminoacizilor [→ treapta a IV-a] (în ficat, în ţesuturi sau în intestin unde acţionează flora bacteriană) este o substanţă toxică. El suferă trei feluri de transformări.

a) Cea mai mare parte este neutralizată în ficat, prin ***ureogeneză*** (procesul de sinteză a ureei), în urma reacţiei de combinare $2NH_3 + CO_2 \rightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$. Rezultă ureea (care – potrivit formulei – este carbodiamidă) şi care reprezintă unul dintre principalele produse de deşeu ale metabolismului protidic, fiind eliminată prin urină în cantităţi importante: concentraţia urinară a ureei este de cel puţin 60 de ori mai mare decât cea plasmatică [→ Tabelul 8.2 – Compoziţia chimică a plasmei în Cap. 8. şi → § COMPOZIŢIA URINEI NORMALE în Cap. 10].

b) O altă parte din amoniac se combină la nivelul ficatului şi al ţesutului nervos cu acidul glutamic, formând ***glutamina,*** substanţă netoxică ce constituie un rezervor de NH_3 oricând disponibil pentru unele reacţii metabolice.

c) Cea de a treia fracţiune a amoniacului este utilizată pentru reaminarea (proces diametral opus dezaminării) cetoacizilor, rezultând ***noi aminoacizi.***

XI. Un alt produs al catabolismului protidic este **creatina**, sintetizată în cea mai mare parte în ţesutul muscular şi – într-o mai mică măsură – în ţesutul nervos. În ţesutul muscular, creatina se găseşte combinată cu acidul fosforic (H_3PO_4) sub formă de fosfocreatină (radicalul fosfat este eliberat de către acidul adenozin-trifosforic = ATP, care devine acid adenozin-difosforic = ADP). În cursul contracţiei musculare, scindarea moleculei de

fosfocreatină, odată cu degajarea de energie pune la dispoziție și radicalul fosfat, din care se reface acidul adenozin-trifosforic [→ Cap. 3, §3.1.3 – CONTRACȚIA MUSCULARĂ]. Produsul de deșeu al creatinei este ***creatinina*** (a NU se confunda aceste două substanțe!), care se elimină în cantități mari prin urină: concentrația creatininei în urină este de cca 30 de ori mai mare decât cea din plasmă. [→ Tabelul 8.2 – Compoziția chimică a plasmei în Cap. 8 și → § COMPOZIȚIA URINEI NORMALE în Cap. 10]

XII. Unul dintre produsele de catabolism al nucleoproteinelor îl constituie ***acidul uric*** (de fapt este rezultatul catabolizării bazelor purinice – adenina și guanina – care intră în componența acizilor nucleici). Eliminarea lui prin urină se face în cantități importante, concentrația urinară a acidului uric fiind de cca 35 de ori mai mare decât cea plasmatică.

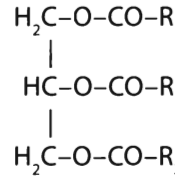
Deci trebuie reținut că majoritatea produselor de catabolism protidic (produse «de deșeu») se elimină prin urină. În mod normal, cantitatea de azot eliminată trebuie să fie apropiată de cea ingerată prin alimente, realizând o balanță azotată echilibrată. Dacă există o cantitate de azot eliminată mai mare decât aportul, este vorba despre un bilanț azotat negativ. În situația în care cantitatea de azot eliminată este inferioară aportului se vorbește de un bilanț azotat pozitiv.

Funcțiile proteinelor în organism sunt multiple: rol plastic, structural, intrând în compoziția tuturor celulelor și țesuturilor; formează țesutul cicatriceal pentru vindecarea plăgilor; alcătuiesc compoziția enzimelor, a unor hormoni (hormonul antidiuretic = ADH), a unor factori de coagulare (factorul I = fibrinogenul; VIII = globulina antihemofilică A; IX = globulina antihemofilică B); a anticorpilor (imunoglobulinele plasmatice); contribuie la presiunea coloid-osmotică a plasmei (1 g de serumalbumine furnizează o presiune coloid-osmotică de 6 mmHg); formează sisteme-tampon ale sângelui, cu menținerea echilibrului acido-bazic în limitele normale (pH plasmatic = 7,33, deci slab alcalin). Contribuția proteinelor la furnizarea de energie este însă redusă. În mod normal, cca 15% (deci cam 1/6) din necesitățile energetice sunt acoperite de proteine. Numai în stările de inaniție, când începe fenomenul de autofagie tisulară, rolul energetic al proteinelor este mai activ. Consumarea a 1 g de proteine alimentare (sau provenite din consumarea țesuturilor proprii) sau a aminoacizilor din 1 g de proteine, furnizează 4,1 kilocalorii (kcal).

Reglarea metabolismului protidic se efectuează prin hormoni anabolizanți (care stimulează sinteza proteinelor) și prin hormoni catabolizanți (care stimulează dezintegrarea lor):

– **hormoni anabolizanți**: hormonul somatotrop (STH), secretat de hipofiza anterioară; insulina secretată de celulele β din insulele Langerhans (situate în coada pancreasului); testosteronul secretat de celulele interstițiale Leydig din testicul;

– **hormoni catabolizanţi**: corticotropina (ACTH), secretată de hipofiza anterioară; cortizolul (principalul hormon natural glucocorticoid) secretat de glandele corticosuprarenale; hormonii tiroidieni (triiodotironina = T3 şi tetraiodotironina = T4 = tiroxina) care, secretaţi în exces, intensifică oxidările intracelulare.



Formula generală a trigliceridelor

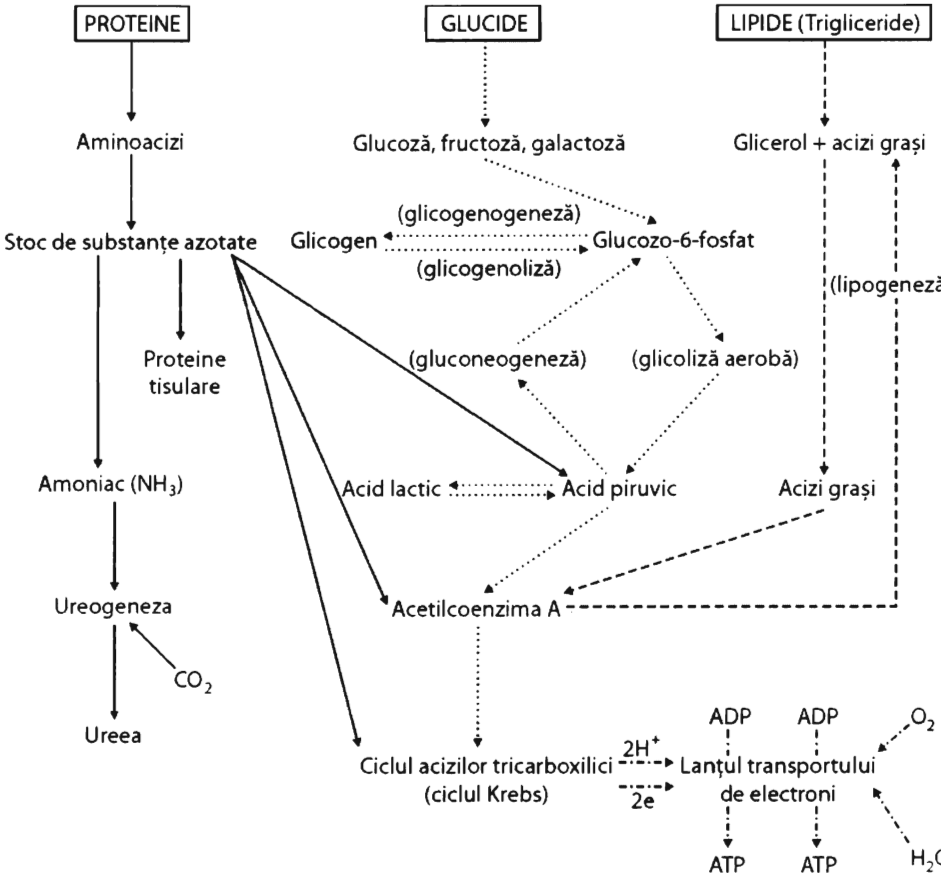


Fig. 13.2 – Metabolismul intermediar al proteinelor (săgeţi compacte), al glucidelor (săgeţi punctate) şi al lipidelor (săgeţi din linioare). Glucozo-6-fosfat este un produs intermediar care apare în cursul lanţului de reacţii survenite în metabolismul glucidic.

De subliniat că, în cursul copilăriei, predomină anabolismul proteic, rezultând formarea de noi celule şi procesul de creştere, iar la bătrâneţe predomină catabolismul proteic, având drept urmare atrofia unor ţesuturi şi procesele de involuţie care însoţesc înaintarea în vârstă (fig. 13.2).

13.1.2. METABOLISMUL INTERMEDIAR LIPIDIC *[Fats intermediary metabolism]*

În organismul uman se găsesc următoarele categorii de lipide:

– trigliceride (grăsimi neutre) care sunt esteri ai glicerolului cu acizi graşi saturaţi, mononesaturaţi sau polinesaturaţi. Predomină în ţesutul adipos subcutanat şi din jurul unor organe;

– fosfolipide (grăsimi fosforate): lecitina şi sfingomielina prezente în ţesutul nervos;

– cerebrozide (grăsimi azotate) existente în ţesutul nervos;

– colesterolul: alcool policiclic complex care circulă în plasmă legat de molecule de proteine. Complexele astfel rezultate se prezintă sub trei forme: cu densitate mare ***[high density lipoprotein (HDL-) cholesterol],*** cu densitate mică ***[low density lipoprotein (LDL-) cholesterol]*** şi cu densitate foarte mică ***[very low density lipoprotein (VLDL -) cholesterol].***

În tubul digestiv, trigliceridele sunt o parte scindate prin hidroliză în glicerină şi acizi graşi, altă parte degradate până la monogliceride, care legate de sărurile biliare devin apte pentru absorbţia intestinală [→ Cap. 9.3 – FIZIOLOGIA DIGESTIEI]. Colesterolul se absoarbe intrând în constituţia chilomicronilor care ajung în circulaţia sistemică pe cale limfatică. Metabolismul intermediar lipidic parcurge următoarele stadii:

I. În circulaţia sistemică, trigliceridele (refăcute din glicerină şi acizi graşi), fosfolipidele şi colesterolul circulă prin sânge sub formă de lipoproteine dispuse sub formă de chilomicroni, alături de mici cantităţi de acizi graşi liberi în circulaţie.

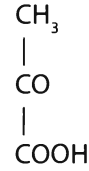
II. Lipidele din marile depozite de ţesut adipos – care sunt reprezentate prin trigliceride – sunt degradate şi resintetizate continuu, în funcţie de necesităţile energetice şi de coordonarea endocrină căreia îi sunt tributare. Scindarea trigliceridelor are loc sub acţiunea enzimei lipaza.

III. Glicerina (= glicerolul) este transformată în α-glicerofosfat şi suferă procesul de glicoliză.

IV. Acizii graşi sunt în cea mai mare parte degradaţi oxidativ în ficat până la CO_2 şi H_2O, eliberând concomitent o cantitate de energie. O parte din ei sunt transformaţi în corpi cetonici care – neputând fi metabolizaţi în

ficat – sunt deversaţi în circulaţie, de unde vor fi extraşi de unele celule care îi utilizează ca material energetic. O altă parte a acizilor graşi sunt folosiţi de către ficat pentru a sintetiza din nou trigliceride şi fosfolipide, sinteza având loc la nivelul mitocondriilor, printr-o succesiune de reacţii care parcurg în sens invers etapele degradării. Mai pot fi sintetizaţi acizi graşi şi în ţesutul adipos. Tot acizii graşi furnizează energia necesară procesului de gluconeogeneză.

V. Metabolizarea colesterolului se desfăşoară în modul următor: după ce este absorbit din intestin şi a pătruns în circulaţia sistemică sub forma chilomicronilor, colesterolul de origine alimentară este preluat de ficat. O parte va fi utilizat pentru sinteza de acizi biliari, care intră în componenţa bilei. Altă parte va fi eliminată ca atare prin bilă în duoden. O altă parte este folosită la sinteza lipoproteinelor cu densitate foarte mică. Toate formele de lipoproteine conţinând colesterol ajung în circulaţia sanguină, de unde colesterolul este extras pentru diferite reacţii şi sinteze.



Acidul piruvic, nodul de legătură între metabolismele intermediare ale diferitelor substanţe.

Rolurile lipidelor: trigliceridele au rol plastic structural în alcătuirea ţesutului adipos; rol de protecţie mecanică în jurul anumitor organe (grăsimea perirenală); au un aport energetic de 9,2 kcal/gram (totuşi aportul lipidelor la consumul de energie este de numai 30%, circa o treime, ele având celelalte roluri mai importante). Fosfolipidele intră în structura membranelor celulare şi a ţesutului nervos. Colesterolul este precursorul hormonilor corticosteroizi, al testosteronului şi al acizilor biliari (acidul colic, acidul de(s)-oxicolic din care se formează sărurile biliare cu rol în digestia grăsimilor din alimentaţie); din colesterol se formează un precursor al vitaminei D, din care – sub acţiunea razelor ultraviolete – organismul poate sintetiza în tegumente colecalciferol (vitamina D_3).

Reglarea metabolismului lipidic: o efectuează hipotalamusul, hipofiza anterioară (prin ACTH), pancreasul endocrin (prin insulină), tiroida şi testosteronul.

13.1.3. METABOLISMUL INTERMEDIAR GLUCIDIC *[Carbohydrates intermediary metabolism]*

În organismul uman, dintre glucide se găsesc *monozaharide* (între care predomină glucoza, prezentă permanent în sânge) şi *polizaharide* reprezentate prin glicogenul stocat în cantităţi mari în ficat şi în ţesutul muscular.

În tubul digestiv glucidele sunt degradate treptat până la stadiul de monozaharide (pentoze şi hexoze). După absorbţia intestinală a monozaharidelor, începe metabolismul intermediar glucidic.

I. Moleculele de hexoze şi pentoze ajung pe calea venei porte la ficat, unde o mare parte sunt transformate în glucoză, polimerizate şi stocate sub formă de glicogen, un polizaharid cu masa moleculară foarte mare (procesul se numeşte glicogenogeneză). O cantitate de glucide este folosită pentru sinteza de lipide (lipogeneză) şi pentru alte sinteze.

II. În sânge există permanent o cantitate de glucoză (glicemia normală = 70-110 mg/dl), care creşte după mese (hiperglicemie postprandială).

III. Metabolizarea glucozei se face în cea mai mare parte prin oxidare celulară, care se desfăşoară în două etape succesive:

– iniţial are loc *glicoliza anaerobă*, prin care din acid piruvic (CH_3-CO-COOH) rezultă acid lactic CH_3-CHOH-COOH). Are loc o eliberare de energie folosită pentru sinteza ATP în relaţia de proporţii matematice ATP: glucoză = 2:1. Glicoliza anaerobă se desfăşoară cel mai intens în ficat şi în ţesutul muscular;

– în etapa următoare are loc *glicoliza aerobă* prin care se formează acid piruvic: un mol de glucoză este scindat în 2 moli de acid piruvic. Acest acid este oxidat şi pătrunde în ciclul Krebs unde este degradat până la CO_2 şi H_2O, eliberând o importantă cantitate de energie: se formează 38 mol de ATP pentru fiecare moleculă de glucoză.

IV. **Glicogenogeneza** are sediul principal în ficat, unde glicogenul este sintetizat din glucoză, fructoză şi galactoză. Aici se înmagazinează cea mai mare rezervă de glucide din organism.

V. **Glicogenoliza,** adică degradarea prin hidroliză a macromoleculei de glicogen, produsă în ficat, are ca rezultat apariţia a numeroase molecule de glucoză, care sunt puse la dispoziţia ţesuturilor. În alte celule, glucoza eliberată este utilizată pentru diferite necesităţi metabolice.

VI. **Gluconeogeneza** constă în sinteza glucidelor din compuşi organici neglucidici şi se defăşoară în ficat. Sursa o reprezintă cetoacizii (rezultaţi în cursul metabolismului intermediar protidic prin dezaminarea aminoacizilor), acidul piruvic şi acidul lactic. Acizii graşi, neputând fi transformaţi direct în glucoză, furnizează energia necesară sintezelor din cursul gluconeogenezei.

Dacă organismul este supus inaniţiei, singura sursă de glucide o reprezintă gluconeogeneza.

VII. **Lipogeneza** din glucide se produce în cazul unui aport glucidic exagerat de mare, fără a exista un consum corespunzător din partea organismului. Glucidele neutilizate se transformă şi se stochează sub formă de grăsimi neutre în ţesutul adipos. În acest fel, excesul de glucide contribuie la instalarea obezităţii.

Rolul glucidelor în organism: principalul rol este cel producător de energie, deşi 1 g de glucide furnizează doar 4,1 kcal. În schimb, în procesele energetice din organism, glucidele participă în procent de peste 50% (deci mult mai mult decât lipidele şi proteinele). Mai au şi un rol plastic, prin prezenţa glicogenului în mari cantităţi în celulele hepatice şi în fibrele musculare.

Reglarea metabolismului glucidic. Participă:

– centrii hipotalamici ai glicoreglării;

– insulina: hormon pancreatic secretat de celulele β din insulele Langerhans, care stimulează glicogenogeneza, scade glicogenoliza şi gluconeogeneza, având efect hipoglicemiant [→ Cap. 12.6 – PANCREASUL ENDOCRIN];

– glucagonul: hormon pancreatic secretat de celulele α din insulele Langerhans, are efect hiperglicemiant;

– hormonii glucocorticoizi: cortizolul are efect hiperglicemiant [→ Cap. 12, §12.5.1 – CORTICOSUPRARENALA];

– hormonii medulosuprarenali: adrenalina are efect hiperglicemiant [→ Cap. 12, §12.5.2 – MEDULOSUPRARENALA].

13.1.4. INTERRELAŢII ÎN CADRUL METABOLISMULUI INTERMEDIAR *[Interrelations in intermediary metabolism]*

După cum s-a mai arătat, între cele trei metabolisme intermediare (protidic, glucidic şi lipidic), există numeroase legături şi punţi de trecere. Cele mai importante dintre ele sunt reprezentate prin:

• **Acetil-coenzima A** care ia naştere din acid piruvic şi din unii acizi graşi. Ea se află la originea a numeroase reacţii cu rezultate importante în economia organismului, cum ar fi ciclul Krebs (generator de energie), sinteza unor acizi graşi (la nivelul mitocondriilor şi al citoplasmei), producţia de corpi cetonici, biosinteza colesterolului endogen.

• **Acidul piruvic** (CH_3-CO-COOH) este un cetoacid rezultat din glicoliza aerobă şi din dezaminarea oxidativă a aminoacizilor. La rândul lui, participă

la procesul de gluconeogeneză şi contribuie la sinteza acetil-coenzimei A, urmată de amorsarea ciclului Krebs.

• **Procesul de gluconeogeneză** înseamnă producerea de glucoză din substanţe organice neglucidice şi anume din acid piruvic, acid lactic, aminoacizi şi din cetoacizii rezultaţi din ciclul Krebs.

• **Procesul de lipogeneză** constă din convertirea excesului de glucide (care nu au fost utilizate în procese energetice) în grăsimi neutre, depuse sub formă de ţesut adipos.

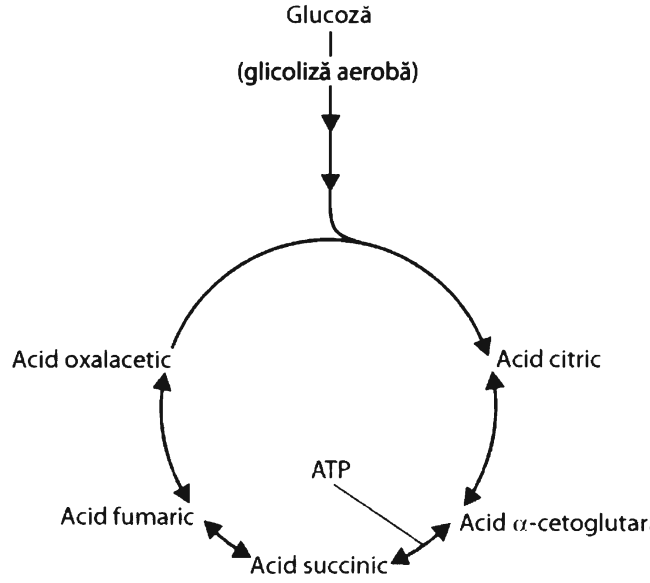


Fig. 13.3 – Ciclul Krebs (simplificat: etapele principale).

§ APLICAŢIE ÎN PATOLOGIA METABOLISMULUI INTERMEDIAR *[Application to the pathology of the intermediary metabolism]*

Hipercolesterolemia (creşterea colesterolului plasmatic peste 250 mg/dl) şi **hiperlipidemia** (creşterea trigliceridelor plasmatice peste 150 mg/dl) au adeseori consecinţe grave asupra sănătăţii.

Ele contribuie - odată cu înaintarea în vârstă - la procesul de aterogeneză (ateromatoză), adică la formarea unor plăci dure pe peretele arterelor, denumite **plăci de aterom**, având uneori lungimea de câţiva centimetri. În compoziţia unei asemenea plăci intră ţesut conjunctiv fibros (care alcătuieşte matricea), grăsimi neutre (trigliceride), colesterol şi săruri de calciu (care îi

conferă duritatea). Prezenţa plăcilor de aterom duce la pierderea elasticităţii arterelor (dispare una dintre principalele proprietăţi ale peretelui arterial!), ceea ce contribuie la apariţia hipertensiunii arteriale. Mai mult, în zona plăcii de aterom, peretele arterial fiind rigid şi mult mai fragil, se pot produce fisurări (este cazul accidentelor vasculare cerebrale hemoragice = hemoragii cerebrale). Tot la nivelul plăcii de aterom se pot forma trombusuri (cheaguri sanguine aderente de peretele arterial) care ajung să obstrueze (să blocheze) complet lumenul arterei afectate. Astfel apare infarctul de miocard (unde trombusul se formează pe o ramură a unei artere coronare) şi accidentul vascular cerebral ischemic (unde trombusul se formează pe una dintre arterele cerebrale).

13.2. METABOLISMUL ENERGETIC
[The energy metabolism]

Metabolismul energetic este reprezentat prin manifestările energetice, prin consumurile şi cantităţile de energie degajate în urma reacţiilor biochimice care au loc în diferite stări fiziologice, activităţi sau situaţii de boală. Rolul energiei este fundamental pentru procesele biologice. Viaţa este dependentă de transformările energetice şi nu ar putea exista în afara lor. Sursele de energie – exprimată în kilocalorii (kcal) sau kilojouli (kJ) – sunt reprezentate prin macronutrienţii din alimente, adică de proteine, lipide, glucide. Astfel 1 g de proteine (sau de aminoacizii dintr-un gram de proteine) consumate din alimente furnizează 4,1 kcal; 1 g de lipide 9,2 kcal; 1 g de glucide 4,1 kcal. Ca o curiozitate semnalăm că – în afara macronutrienţilor – alcoolul etilic este singurul producător de calorii: 1 g de alcool etilic pur furnizează 7 kcal/gram (deci 100 ml de vin cu 10° alcool vor furniza 70 kcal).

Menţionăm că restul substanţelor alimentare (macrominerale, oligoelemente, vitamine, fibre vegetale de celuloză) au alte roluri dar NU aduc energie (NU sunt calorigene). Exprimarea actuală fiind adeseori în kilojouli (în loc de kilocalorii), formula alăturată ne dă relaţia dintre aceste două categorii de unităţi.

$$1 \text{ kJ} = 4{,}19 \text{ kcal}$$

Eliberarea de energie se produce în urma proceselor de catabolism (dezasimilaţie), din care rezultă diferitele forme de energie: mecanică (con-

tracţiile musculare), calorică (termogeneza), electrică (propagarea influxului nervos sub forma undei de depolarizare), osmotică (absorbţia intestinală activă a unor substanţe). Cel mai important donator de energie este acidul adenozin-trifosforic (ATP) [→ DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII].

Substanţele energogene (producătoare de calorii = calorigene) catabolizate provin din două surse: exogenă (prin macronutrienţii furnizaţi de alimente) şi endogenă (în urma reacţiilor de oxidare a substanţelor energogene deja existente în ţesuturi).

Organismul are nevoie să primească energie de la aceste surse, deoarece el o cheltuieşte în mai multe forme de activitate, unele permanente, altele pe perioade limitate:

– metabolismul bazal: consumul energetic care are loc permanent pentru asigurarea strică a funcţiilor vitale (funcţiile „de bază"), adică respiraţia, activitatea cardiacă, circulaţia periferică şi excreţia;

– procesul de termoreglare, adică termogeneza (producerea de căldură) şi termoliza (eliminarea surplusului de căldură prin radiaţie, conducţie şi convecţie [→ a se vedea mai jos] care se desfăşoară în toate situaţiile în care corpul nu se află în stare de confort termic;

– digestia şi absorbţia activă a unor alimente care necesită consum energetic. Menţionăm că absorbţia pasivă NU necesită consum energetic (spre exemplu a apei);

– activitatea musculară (mersul, alergarea, transportul de greutăţi, munca manuală) consumă cel mai mare procent de energie. Acest procent este însă variabil, în funcţie de durata şi tipul de activitate fizică;

– creşterea pondero-staturală a corpului necesită şi ea o mare cantitate de energie, dar ea are loc numai în perioada copilăriei şi a adolescenţei;

– dintre stările fiziologice, sarcina şi alăptarea reprezentând consumuri energetice necesită un aport suplimentar de substanţe calorigene, pe perioada în care se desfăşoară.

Energia chimică rezultată din catabolizarea substanţelor energogene nu este utilizată direct şi imediat, ci este stocată sub forma de compuşi unde substanţele sunt legate de acidul fosforic prin legături de tip esteri (legături fosfat-macroergice) prin a căror hidroliză se degajă mari cantităţi de energie. Revenim subliniind rolul important ce revine acidului adenozin trifosforic (ATP), în care energia este stocată sub forma acestor legături macroergice. Prin hidroliză, din ATP rezultă acid adenozin difosforic (ADP) plus o moleculă de fosfat anorganic şi se eliberează o mare parte din energia necesară activităţilor vitale, respectiv pentru desfăşurarea reacţiilor metabolice, pentru transportul activ al moleculelor împotriva gradientelor de concentraţie, pentru producerea contracţiilor miofibrilelor şi a microtubulilor.

13.3. METABOLISMUL UNOR SUBSTANŢE MINERALE
[Some minerals metabolism]

CLORUL (Cl)

Odată absorbit în mod pasiv din intestin, clorul circulă prin plasma sanguină combinat cu sodiul, sub formă de clorură de sodiu (NaCl) şi cu potasiul sub formă de clorură de potasiu (KCl). Aceste două substanţe se găsesc permanent în plasmă. Clorura de sodiu, în cantitate mai mare, are rol în presiunea osmotică a plasmei. Se mai găseşte şi în LCR. Clorul – ca şi sodiul – este eliminat în cantităţi mari prin urină.

SODIUL (Na)

Circulă în plasmă sub formă de clorură de sodiu şi de fosfat monosodic şi disodic. Este cel mai important cation extracelular şi are rol în fenomenul electrofiziologic de depolarizare şi repolarizare a membranei celulare, care stă la baza propagării influxului nervos. Este eliminat în cantităţi mari prin urină.

POTASIUL (K)

Este cel mai important cation intracelular, având rol în fenomenul de depolarizare şi repolarizare a membranei celulare, deci în transmiterea influxului nervos. Intervine în contracţia musculară, acţionând direct asupra actinei şi miozinei (proteine contractile). În plasmă se găseşte în cantitate mică [→ Cap. 8, §8.1.1 – PLASMA SANGUINĂ]. Scăderea potasiului (hipokaliemie) diminuează capacitatea de contracţie a muşchilor scheletici, scăderea motilităţii intestinale (= a peristaltismului), apariţia de hipotensiune arterială şi modificări ale ECG. Creşterea K (hiperkaliemie) provoacă tulburări de ritm cardiac şi poate duce până la oprirea cordului în diastolă!

$$\frac{[K^+] \cdot [HPO_4^-] \cdot [HCO_3^-]}{[Ca^{++}] \cdot [Mg^{++}] \cdot [\ H^+]}$$

Fracţia reprezintă ionii cu acţiune asupra excitabilităţii neuromusculare: la numărător, ionii care cresc excitabilitatea; la numitor, cei care o diminuează.

CALCIUL (Ca)

Este element macromineral care intră în compoziţia oaselor şi a dinţilor sub forma de fosfat tricalcic $[Ca_3(PO_4)_2]$. În oasele adultului există o cantitate de cca 1.200 g de calciu, reprezentând 99% din totalul calciului din corp.

Deși în plasmă se află în cantitate mică, are rol în coagulare (este factorul IV al coagulării), unde intervine prin acțiune catalitică (chiar sub formă de urme de calciu). Și mai important este rolul în menținerea normală a excitabilității neuromusculare. Fracția prezentată alăturat sugerează efectul fiecăruia dintre ionii enumerați, la numărător fiind cei care cresc (uneori patologic) excitabilitatea neuromusculară, la numitor cei care o scad. Deci potasiul, fosfații și reacția alcalină (reprezentată prin bicarbonat) măresc excitabilitatea neuromusculară, pe când calciul magneziul și reacția acidă (reprezentată prin hidrogen-ioni) o diminuează.

FOSFORUL (P)

Se găsește în cea mai mare cantitate în țesutul osos și în compoziția dinților, unde este combinat cu calciul sub formă de fosfat tricalcic. Mai există în sistemul nervos central, sub forma fosfolipidelor din creier.

Metabolismul fosforului fiind legat de cel calcic, următorii doi factori au un rol activ în circuitul ambelor substanțe minerale:

– vitamina D: favorizează absorbția intestinală a calciului și a fosforului, stimulează producția de osteoblaști, intensifică procesul de calcificare a oaselor (depunere de fosfat tricalcic), crește reabsorbția fosfaților din tubii renali (deci economisește fosforul!), menține calcemia și fosfatemia în limite normale;

– parathormonul determină ieșirea calciului din țesutul osos (decalcifierea scheletului) și crește calcemia. Pe de altă parte, scade reabsorbția fosfaților din tubii renali, mărind astfel eliminarea lor urinară.

FIERUL (Fe)

Deși face parte dintre oligoelemente (substanțe necesare organismului în cantități mici), fierul este un element vital. În corpul unui adult se găsesc 4-5 g de fier în total. Fierul se absoarbe în porțiunea superioară a intestinului subțire sub forma sa bivalentă (atom feros). Absorbția este favorizată de o proteină specifică (apoferitina), cu care fierul se combină rezultând feritina. Aceasta este forma sub care este stocat în depozite. La o anumită cantitate de feritină, procesul de absorbție se blochează. În plasmă, fierul circulă legat de o β-globulină (= transferina = siderofilina). O parte din fier este folosită pentru sinteza hemoglobinei, fiecare moleculă de hemoglobină primind câte un atom de fier bivalent. O altă parte intră în compoziția mioglobinei din țesutul muscular, iar o cantitate devine fier de depozit, stocat sub formă de feritină în țesutul reticulo-endotelial din măduva osoasă hematopoietică, ficat și splină.

13.4. TERMOREGLAREA
[The thermoregulation]

Organismul uman este – ca al majorităţii mamiferelor – homeoterm, adică în starea de sănătate are proprietatea de a-şi păstra o temperatură constantă, independentă de temperatura mediului ambiant, cu mici variaţiuni între 36,2-37°C. Această proprietate este datorată mecanismului de termoreglare, care include două procese antagoniste ce acţionează în funcţie de condiţiile termice existente:

• Pe de o parte, *termogeneza,* adică producerea de căldură, care survine dacă organismul este expus la o temperatură scăzută. Termogeneza este rezultatul reacţiilor chimice cu degajare de căldură (energie calorică) care au loc în special în ţesutul muscular striat. La procesul de termogeneză contribuie contracţiile musculare izometrice, unde în loc de efectuarea unui lucru mecanic, musculatura generează căldură. Dacă temperatura mediului intern al corpului ameninţă să scadă, apare frisonul cu efect de producere a unui surplus de energie calorică.

• Procesul opus, *termoliza* este eliminarea surplusului de căldură. Această eliminare se produce în urma unor fenomene fizice care sunt:

– radiaţia, care are loc către obiectele din apropiere cu temperatura mai scăzută;

– conducţia, care înseamnă propagarea pierderii de căldură în straturile succesive care înconjură corpul;

– convecţia, în care intervin curenţii de aer din jurul corpului;

– pierderea de apă prin evaporarea transpiraţiei (perspiraţia cutanată), reprezintă cel mai important mecanism al termolizei (85% din pierderea de căldură);

– pierderea de apă prin vaporii eliminaţi în aerul expirat (perspiraţia pulmonară), prin urină, prin materii fecale (ultimele două reprezintă pierderi nesemnificative).

Un rol important în asigurarea termoreglării îl are şi sistemul vascular. La frig, se produce o vasoconstricţie periferică (a arteriolelor din piele, în special de la extremităţi) astfel încât o masă mai mică de sânge vine în contact cu temperatura exterioară scăzută. La căldură se produce o vasodilataţie arteriolară periferică, masa de sânge crescută favorizând creşterea volumului de sudoare.

Reglarea şi controlul temperaturii corpului are centrii ei bine determinaţi, care se află în hipotalamus şi anume: în hipotalamusul anterior există un centru nervos parasimpatic, care răspunde la informaţia de supraîncălzire a corpului (primită de la receptorii termici pentru căldură) prin declanşarea mecanismelor de termoliză menţionate (intensificarea transpiraţiei,

vasodilatație periferică, scăderea ratei metabolismului celular). În hipotalamusul posterior se află centrul cu acțiune antagonistă, de termogeneză, având acțiune simpatică şi care sub acțiunea informațiilor primite de la receptorii termici pentru rece, declanşează mecanismele de termogeneză (vasoconstricție periferică, creşterea metabolismului celular, apariția frisonului).

Lezarea accidentală sau experimentală a centrului parasimpatic din hipotalamusul anterior determină hipertermie şi incapacitatea organismului de a se adapta la o temperatură ambiantă crescută. Lezarea centrului simpatic din hipotalamusul posterior determină imposibilitatea organismului de a se adapta la o temperatură ambiantă scăzută.

13.5. NECESITĂȚI NUTRIȚIONALE ŞI ENERGETICE. RAȚIA ALIMENTARĂ

[Nutritional and energy requirements. Daily allowance]

Prin rație alimentară se înțelege necesarul zilnic în produse nutritive preluate de organism sub forma de alimente. Pentru un adult sănătos, cu o greutate de cca 70 kg, cu activitate fizică moderată, fără practicarea vreunui sport de performanță, rația alimentară zilnică trebuie să cuprindă, pe kilocorp şi 24 de ore:

- **Proteine** 1,5 g/kgc (având un aport de 6 kcal/kgc/24 ore). Enumerăm câteva alimente bogate în proteine de origine animală: ficat, carne slabă, peşte slab, salam, albuş de ou, caşcaval uscat, telemea de oi, brânză de vaci. Alimente bogate în proteine de origine vegetală: făină de soia, linte uscată, mazăre uscată, fasole albă uscată, arahide.
- **Lipide (grăsimi)** 1 g/kgc (având un aport de 9 kcal/kgc/24 ore). Alimente bogate în lipide de origine animală: slănină, salam, carne grasă, gălbenuş de ou, maioneză, peşte gras, unt, brânză topită, smântână. Alimente bogate în grăsimi de origine vegetală: ulei de măsline şi de floarea-soarelui, margarină, nuci, alune, migdale, arahide, cacao. De notat proveniența colesterolului care există numai în alimente de origine animală: cărnuri grase (porc, gâscă, rață); organe (ficat, creier); icre; gălbenuş de ou; unt, smântână.
- **Glucide (hidrați de carbon)** 7 g/kgc (având un aport de 28 kcal/kgc/24 ore). Alimente bogate în glucide de origine animală: praf de lapte integral. Alimente bogate în glucide de origine vegetală: zahăr, miere, curmale uscate, smochine uscate, stafide, fasole albă uscată, mazăre uscată, linte uscată, castane, banane, cacao, făinurile de cereale.
- **Aport energetic** (rezultat din însumarea aportului caloric al celor trei macronutrienți menționați): în medie 43 kcal/kgc/24 ore, deci în total cca 3.000 kcal zilnic la o persoană cântărind între 70 şi 75 kg.

• **Săruri minerale** (***Atenţie***, NU au aport caloric): sodiu şi clor (sub formă de sare de bucătărie), potasiu (în carne de vită, morcovi, banane), calciu (în brânzeturi şi lapte), fosfor (în peşte şi creier de vită), fier (în ficat de vită, organe, carne slabă, cacao, ciuperci comestibile).

• **Vitamine.** În forma lor naturală se clasifică în vitamine hidrosolubile şi vitamine liposolubile. Vom menţine această clasificare, deşi industria farmaceutică modernă a realizat şi variante solubile în apă ale vitaminelor liposolubile.

~ Vitamine liposolubile:

– **Vitamina A (retinol, axeroftol)** este vitamina antixeroftalmică, a retinei şi a epiteliilor. Se găseşte în ficatul unor specii de peşte (cod, morun), unt, gălbenuş de ou; sub formă de β-caroten (care este provitamina A) există în morcovi, tomate, ardei capia. Are rol în sinteza retinenului din care se formează rodopsina (purpurul retinian) ce reprezintă substanţa fotosensibilă a celulelor cu bastonaşe din retină; intervine şi pentru menţinerea bunei stări de nutriţie a epiteliilor (piele şi mucoase). În carenţa de vitamină A apar tulburări de vedere crepusculară şi nocturnă [→ Cap. 5.2 – ANALIZATORUL VIZUAL], uscarea globului ocular (xeroftalmie), pielea devine uscată şi aspră.

– **Vitamina D** care cuprinde **D_2 (ergocalciferol)** şi **D_3 (colecalciferol)** este vitamina antirahitică, acţionând prin fixarea calciului şi fosforului în oase. Se găseşte în ficatul anumitor specii de peşte gras, unt, gălbenuş de ou. Există şi o producţie endogenă în organism: ergosterolul din piele, sub acţiunea razelor ultraviolete din spectrul solar, se transformă în colecalciferol. Carenţa în vitamina D se manifestă la copiii mici prin rahitism carenţial, iar la adulţi prin osteoporoză (reducerea densităţii ţesutului osos şi osteomalacie, înmuierea oaselor).

– **Vitamina E (tocoferol)** este antioxidantă. Se găseşte în fructe oleaginoase (nuci, alune) şi în germeni de cereale. Carenţa în această vitamină scade fertilitatea şi poate duce la unele tulburări neuromusculare.

– **Vitamina K (naftochinonă)** este antihemoragică, având rol în sinteza factorilor de coagulare II (protrombina), VII (proconvertina) şi X (factorul Stuart-Prower). Se găseşte în unele zarzavaturi, ficat de porc. Există şi o producţie endogenă în colon, sub acţiunea florei saprofite reprezentată de bacilul coli saprofit (nepatogen), care este un comensal al intestinului gros uman. Hipovitaminoza K determină diferite fenomene hemoragice: sângerări nazale (epistaxis), gingivale (gingivoragii), uterine (metroragii). La nou-născut în prima săptămână de viaţă, fiind lipsit de flora intestinală producătoare de vitamină K, apare boala hemoragică a nou-născutului, gravă putând avea localizare cerebro-meningeală.

~ Vitamine hidrosolubile:

– **Vitamina B_1 (aneurina, tiamina)** este necesară pentru buna funcționare a miocardului, sistemului nervos şi aparatului digestiv. Cele mai bogate surse naturale sunt: drojdia de bere, fasolea, mazărea, gălbenuşul de ou. În absența ei, apar tulburări neurologice şi de ritm cardiac.

– **Vitamina B_2 (riboflavina, lactoflavina)** are rol trofic (nutritiv) asupra mucoasei bucale. Se găseşte în drojdia de bere, gălbenuşul de ou, lapte. În carență apare imflamația buzelor (cheilită) şi a mucoasei limbii (glosită).

– **Vitamina B_3 (vitamina PP, factorul pelagro-preventiv, nicotinamida, niacina**) a fost în trecut vitamina antipelagroasă (pelagra în prezent a dispărut din toate țările europene). Are rol în buna funcționare a sistemului nervos şi a epiteliilor. În natură există în carne, ficat, ouă, peşte.

– **Vitamina B_5 (acid pantotenic)** are rol în troficitatea (starea de nutriție) normală a pielii şi în metabolismul glucidic. Surse: ficat, rinichi, carne, gălbenuş de ou.

– **Vitamina B_6 (piridoxina)** are rol în buna funcționare a unor centri nervoşi şi a ficatului. Există în drojdia de bere, carne, lapte. În caz de carență apar tulburări din partea nervilor periferici (neuropatie), iar la nounăscuți chiar crize de convulsii (contracturi musculare ritmice).

– **Vitamina B_8 (biotina, vitamina H)** are rol în protecția pielii. Există în drojdia de bere, ficat, rinichi, gălbenuş de ou. În carență apar afecțiuni inflamatorii ale pielii (dermatite) şi dureri musculare.

– **Vitamina B_9 (acid folic, acid pteroilglutamic)** are rol în hematopoieză. Se găseşte în frunzele verzi ale zarzavaturilor. În carență apare anemie de tip megaloblastic (cu hematii de volum mărit) şi inflamația limbii (glosită).

– **Vitamina B_{12} (ciancobalamina)** este vitamina antipernicioasă (împotriva anemiei pernicioase), fiind absolut necesară unei hematopoieze normale. Se găseşte în ficatul de vită, unele specii de peşti, gălbenuş de ou. Pentru absorbția ei din tubul digestiv este însă necesară prezența unei anumite substanțe în stomac (factorul intrinsec). În cazurile de bolnavi care au suferit rezecție de stomac, devine obligatorie administrarea de vitamină B_{12} pe cale injectabilă. Carența acestei vitamine determină apariția anemiei megaloblastice (anemia pernicioasă) care – netratată – evoluează mortal. În plus, apar tulburări ale nervilor periferici (polineuropatie) şi glosită.

– **Vitamina C (acid ascorbic)** a fost cândva vitamina antiscorbutică (scorbutul a dispărut în prezent). Are efect antioxidant şi antitoxic, de creştere a rezistenței antiinfecțioase (imunității) şi a randamentului fizic, de consolidare a peretelui capilar. Se găseşte în toate zarzavaturile şi fructele neprelucrate termic. Cele mai bogate sunt pătrunjelul, ardeiul roşu şi ardeiul gras, mărarul, măceşul, coacăzele negre, fructele citrice. Carența în vitamina C determină astenie, lipsa poftei de mâncare (anorexie), slăbire, scăderea

rezistenței la infecții, întârziere în cicatrizarea rănilor. În formele grave apar hemoragii la nivelul gingiilor (gingivoragii)

• **Fibre vegetale nedigerabile.** Acestea sunt bogate în celuloză, polizaharid nedigerabil și neabsorbabil în tubul digestiv uman, dar care are un rol important în menținerea tranzitului intestinal, prin consistența conferită bolului fecal. Alimente bogate în fibre vegetale sunt zarzavaturile și legumele frunzoase (salata verde, spanacul, ștevia, urzicile), legumele vărzoase (varza, conopida, guliile) precum și majoritatea fructelor.

• **Apa**, element strict indispensabil vieții, este necesară la un adult în cantitate de cca 1,5-2 litri/zi (în funcție de sezon) și este consumată nu numai ca apă potabilă, ci și prin alte băuturi, ceai, supe, lapte, alimente bogate în apă (castraveți, salată), unele fructe (spre exemplu pepene, portocale, mandarine).

§ APLICAȚIE REFERITOARE LA CARENȚELE ALIMENTARE
[Application concerning the feeding deficiencies]

Hipoproteinemia este scăderea concentrației proteinelor din plasmă sub 5.000 mg/dl (reamintim că normală este concentrația de 6.500-7.500 mg/dl). Cauzele hipoproteinemiei sunt multiple și menționăm câteva mai importante: carența alimentară prelungită (ajunsă la stare de denutriție) din perioade de război sau la refugiați, ciroza hepatică, diarei repetate și prelungite, cancere în stadiul avansat. Dintre proteinele plasmatice cel mai mult scad serumalbuminele. Dat fiind rolul lor important în menținerea presiunii coloid-osmotice a plasmei (cu reținerea apei în patul vascular), scăderea serumalbuminelor duce la apariția edemelor carențiale, adică la ieșirea apei din vase (prin peretele capilar care este permeabil) și acumularea de apă în țesutul celulo-adipos subcutanat. Edemele apar ca niște umflături moi, nedureroase, fără modificarea pielii la suprafață, cel mai adesea simetrice. Localizările lor cele mai frecvente sunt la pleoape, la gambe, îndărătul maleolelor tibiei și fibulei și la organele genitale.

14. SISTEMUL IMUNITAR
[THE IMMUNE SYSTEM]

DEFINIŢII ŞI EXPLICAŢII

- *Anticorp* = moleculă de imunoglobulină modificată printr-o anumită secvenţă a aminoacizilor şi care a căpătat proprietatea de a memora antigenul ce i-a dat naştere, de a-l recunoaşte (chiar după foarte mult timp) şi de a reacţiona cu el la un nou contact. Reacţia poate fi favorabilă organismului (ex.: apărarea antiinfecţioasă) sau poate fi nocivă (ex.: şocul anafilactic).
- *Antigen* = substanţă străină, din afara structurilor organismului (***„non-self"***), spre deosebire de cele din organism, care au caracter de ***„self"*** (propriu). Cel mai frecvent poate fi o proteină străină, o particulă sau o toxină bacteriană, un virus, fragmente celulare străine, un polizaharid etc. care induc un răspuns imun (adică producerea de anticorpi specifici din imunoglobulinele plasmatice – acestea constituind „materia primă").
- *Autoanticorpi* = anticorpi care – în mod paradoxal – reacţionează cu propriile structuri (NU mai recunosc «self»-ul!), producând leziuni şi tulburări uneori severe, denumite boli autoimune.
- *Citoliză* = distrugerea celulei prin ruperea sau dezintegrarea membranei şi pierderea conţinutului. Poate fi produsă de virusuri, anticorpi şi complement sau printr-un mediu ambiant foarte hipoton.
- *Complement seric* = un complex de natură proteică din plasmă, format din 9 fracţiuni numerotate de la C_1 la C_9, care se activează succesiv în momentul unei reacţii antigen-anticorp, se fixează la acest nivel şi are efect citolitic asupra bacteriilor.
- *Fibroblaşti* = celule imature din ţesutul conjunctiv, producătoare de fibre, din care se pot diferenţia fibrocite (pentru ţesutul conjunctiv), condroblaşti (pentru ţesutul cartilaginos) sau osteoblaşti (pentru ţesutul osos).
- *Genom* = genotip = garnitura completă de gene existente în cromozomii unei specii (la om, numărul total al genelor este de 30.000-40.000).

- *Histiocit* = celulă componentă a țesutului conjunctiv lax, având funcții macrofagocitare. Face parte dintre macrofage, aparținând deci – funcțional – și de sistemul reticuloendotelial.
- *Imunoglobuline* = globuline plasmatice din care se formează anticorpii (= „materia primă" pentru anticorpi), sub acțiunea unui antigen.
- *Interferon* = substanță proteică din grupa citokinelor, produsă de celulele organismului uman (dar și de alte organisme) în momentul apariției unui virus sau a unor celule tumorale. Inhibă replicarea virală și activează limfocitele killer și macrofagele.
- *Lizozim* = proteină cristalină cu efect antibacterian, prezentă în lacrimi, salivă și în albuș de ou.
- *Macrofage* = celule mari, mononucleate, cu funcția fagocitară foarte dezvoltată. În această categorie intră monocitele din sânge, histiocitele din țesutul conjunctiv și celulele reticulare din măduva osoasă hematopoietică.
- *Marker* = o caracteristică proprie definitorie (un indicator specific) pentru un fenomen sau pentru o boală (poate fi o analiză de laborator).
- *Non-self* = totalitatea substanțelor străine față de structurile unui organism și care – la contactul cu acesta – provoacă formarea de anticorpi specifici (ca o reacție de apărare din partea organismului), comportându-se deci ca antigene [→ Antigen (a se vedea mai sus)].
- *Opsonine* = anticorpi specifici și nespecifici, formați din IgM, care fac bacteriile și alte celule mai vulnerabile față de fagocitoză, asigurând aderarea microorganismelor la celulele fagocitare și neutralizând antigenele bacteriene de suprafață care se opun fagocitozei.
- *Poliartrită reumatoidă* = boală reumatismală cu evoluție cronică, ducând – netratată – la deformări articulare severe și anchiloze. Patogenia (mecanismul de producere) îl reprezintă apariția (patologică) de anticorpi anti-structuri articulare.
- *Purpura reumatoidă* = afecțiune produsă în urma formării unor anticorpi antivasculari, caracterizată prin dureri și tumefacții articulare și o erupție cu caracter hemoragic situată simetric pe membrele inferioare și pe fese.
- *Properdină* = proteină aparținând căii alternative a complementului și care intensifică activarea acestuia. Denumit și factor P.
- *Reacție imună* = răspunsul organismului declanșat față de unele substanțe străine (non-self) și care la primul contact constă din formarea de anticorpi specifici, iar la un contact ulterior dintr-o gamă variată de manifestări, uneori foarte intense.
- *Self* = totalitatea substanțelor proprii ale unui organism, față de care – în condiții de normalitate – NU se pot forma anticorpi.

Stromă = ţesutul – în general conjunctiv – care formează matricea unui organ. Corespunde ţesutului interstiţial al acelui organ (ex.: interstiţiu pulmonar, interstiţiu renal).

14.1. FORMAŢIUNI, STRUCTURI ŞI ORGANE APARŢINÂND SISTEMULUI IMUNITAR *[Corpuscles, structures and organs belonging to the immune system]*

14.1.1. SÂNGELE *[The blood]*

Este cel mai bogat în elemente celulare cu rol de apărare şi în mecanisme imune specifice (imunitate mediată umoral). În sânge acţionează:

- **leucocitele polimorfonucleare** cu acţiune de fagocitare şi digerare a germenilor bacterieni (din numeroasele polimorfonucleare distruse în această luptă se produce puroiul din focarele supurative);
- **limfocitele B** producătoare de anticorpi;
- **limfocitele T** care activează această producere şi distrug celulele care au încorporat unii agenţi patogeni;
- **monocitele** care sunt precursorii tuturor macrofagelor;
- **anticorpii specifici** produşi din imunoglobulinele plasmatice, care suferă anumite modificări prin acţiunea antigenică a microorganismelor patogene sau a toxinelor;
- **sistemul complement C1-C9;**
- **opsoninele;**
- **properdina** [→ a se vedea mai jos].

14.1.2. GANGLIONII LIMFATICI ŞI ALTE FORMAŢIUNI LIMFOIDE (amigdale, foliculii limfatici şi plăcile Peyer intestinale) *[Lymph nodes and other lymphoid structures]* [→ Cap. 7.4 – SISTEMUL LIMFATIC].

Formaţiunile limfoide (dintre care cele mai importante sunt ganglionii limfatici) acţionează ca nişte filtre faţă de agenţii patogeni care ajung până la nivelul lor pe calea vaselor limfatice. Uneori răspunsul ganglionilor se manifestă printr-o inflamaţie locală, ceea ce reprezintă o reacţie nespecifică. Tot o

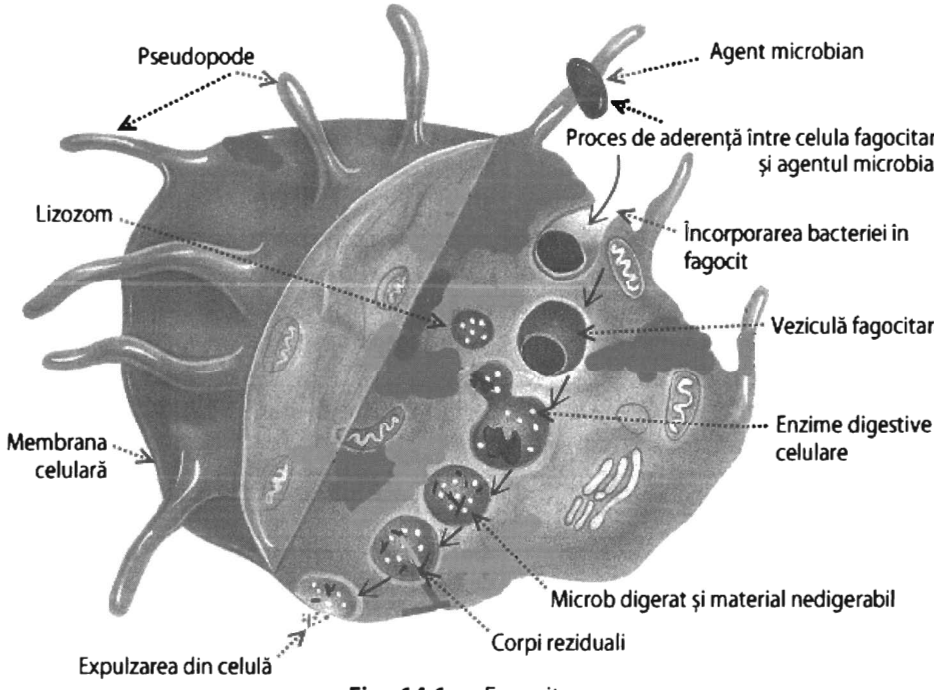


Fig. 14.1 – Fagocitoza.

reacție de apărare nespecifică o reprezintă activitatea macrofagelor care se află în aceste formațiuni (ele acționează prin fagocitoză și pinocitoză). În sinusurile ganglionilor se găsesc histiocite. Dar formațiunile limfoide intervin în special în mecanismele imunitare specifice ale organismului, prin limfocitele B și limfocitele T pe care le găzduiesc. Limfocitele B se găsesc în medulara și în corticala ganglionilor și sunt producătoare de anticorpi specifici pentru microorganismele patogene cu care vin în contact (acestea se comportă ca niște antigene, declanșând formarea de anticorpi). Limfocitele T activează celulele formatoare de anticorpi și distrug celulele care au încorporat un agent patogen.

TABELUL 14.1

Formațiuni, țesuturi și organe care conțin componente ale sistemului imunitar

Organul sau formațiunea	Componenta care aparține de sistemul imunitar	Rolul deținut în sistemul imunitar	Observații
Ganglionii limfatici și alte structuri limfoide	Limfocitele din corticala ganglionilor. Elemente din sistemul reticulo-endotelial. Histiocitele din sinusurile ganglionare	Activitatea macrofagelor. Existența de limfocite B producătoare de anticorpi și de limfocite T	Participă și la mijloacele nespecifice de apărare și la imunitatea specifică

TABELUL 14.1 (continuare)

Splina	Elemente din sistemul reticulo-endotelial. Pulpa albă bogată în limfocite.	Activitatea macrofagelor. Limfocite B cu rol în imunitatea mediată umoral şi limfocite T cu rol în imunitatea mediată celular	Este „cimitirul" eritrocitelor îmbătrânite şi al trombocitelor
Timusul	Stroma timusului	Producţia de limfocite T	Rol în imunitatea mediată celular
Măduva hematopoietică	Reticulul medular	Activitate macrofagică. Aici se formează celulele stem, din care provin limfocitele	
Ficatul	Celulele Kupffer	Componente ale sistemului reticulo-endotelial	Căptuşesc capilarele sinusoide din lobulul hepatic
Plămânii	Macrofage alveolare	Funcţie macrofagocitară	Captează particulele inhalate
Sistemul nervos central	Microglia	Are în plus şi funcţii legate de neuron: de susţinere, de protecţie, de nutriţie, producerea de mielină; fagocitarea resturilor de neuroni distruşi şi a produşilor de dezintegrare a mielinei etc.	
Sângele	Leucocitele polimorfonucleare şi monocitele	Fagocitoză	
	Limfocitele B	Producătoare de anticorpi	Asigură imunitatea umorală
	Limfocitele T helper	Ajută la recunoaşterea antigenelor.	
	Limfocitele T killer	Distrug celulele-gazdă care au încorporate un agent patogen, asigurând imunitatea celulară	
	Anticorpii specifici formaţi din imunoglobuline	Reacţii de neutralizare a antigenelor bacteriene, virale etc.	Fiecare anticorp poate interacţiona – de regulă – numai cu antigenul care i-a dat naştere (***Atenţie,*** sunt şi excepţii: imunitatea încrucişată)
	Sistemul complement C1-C9	Fixare pe complexele antigen-anticorp cu citoliza bacteriilor	În intervenţie se autoactivează, factorii desfăşurându-se succesiv în cascadă
	Opsoninele	Favorizează fagocitoza	
	Properdina	Favorizează activitatea complementului seric	
Ţesutul celulo-adipos subcutanat	Ţesutul conjunctiv reticular. Celulele macrofage din ţesutul conjunctiv histiocitele)	Activitate fagocitară	

14.1.3. SPLINA *[The spleen, the lien]*

Filtrează sângele care circulă prin ea şi – în afara funcţiei de „cimitir al eritrocitelor şi al trombocitelor" – acţionează în cadrul sistemului imunitar, în favoarea apărării organismului prin:

– pulpa albă, bogată în limfocite;

– macrofage, cu activitate intensă de fagocitoză a germenilor (jumătate din totalul monocitelor din corp se găsesc în pulpa splinei);

– sinteza de anticorpi datorită prezenţei masive de limfocite B;

– în splină există o componentă bogat reprezentată a sistemului reticulo-endotelial.

Importanţa splinei ca organ cu funcţie de apărare antiinfecţioasă este dovedită la persoanele care au splina extirpată (splenectomie). Acestea sunt predispuse la infecţii, mai ales cu pneumococ şi meningococ, pentru care li se recomandă profilaxia specifică prin vaccinările corespunzătoare.

14.1.4. TIMUSUL *[The thymus]*

Este un organ limfoid şi cu funcţii în cadrul sistemului imunitar, situat în mediastinul superior, în porţiunea sa anterioară, îndărătul sternului. Are dezvoltarea maximă în cursul copilăriei, involuând după pubertate. Anatomic, este format din doi lobi identici, care au în centru substanţa medulară, la periferie corticala şi sunt înveliţi într-o capsulă. Histologic, capsula – formată din ţesut conjunctiv fibros – trimite spre interior septuri ce delimitează lobulii timici. În fiecare lobul timic există celule reticulare dispuse în reţea, iar în ochiurile reţelei se află limfocitele T (timocitele). Aceste celule sunt originare din celula stem limfopoietică diferenţiată din măduva hematopoietică, aflată în măduva osoasă şi care au migrat pe cale sanguină în timus. Aici, după o perioadă de proliferare, limfocitele T migrează din nou şi se localizează în alte organe limfoide (ganglioni limfatici, splină, structuri limfoide din peretele intestinal). Funcţia principală a limfocitelor T constă din asigurarea imunităţii celulare, pe de o parte prin identificarea agenţilor străini care acţionează ca antigene faţă de organism (substanţe din categoria non-self) şi pe de altă parte prin distrugerea celulelor care au fagocitat deja un agent străin (efect citolitic).

Deşi la adult timusul apare atrofiat şi conţinând ţesut adipos în locul stromei limfopoietice, în el există totuşi o limfopoieză reziduală care îl menţine în rândul organelor active din sistemul imunitar.

14.1.5. SISTEMUL RETICULO-ENDOTELIAL (SISTEMUL FAGOCITAR MONONUCLEAR) *[Reticulo-endothelial system]*

Constă dintr-un set de celule format din macrofage, monocite şi precursoarele lor (din măduva hematopoietică) şi care se află răspândit în toate organele unde există ţesut conjunctiv reticular. Aici se includ celulele endoteliale din capilarele sinusoide ale ficatului şi splinei, celulele reticulului medular şi reticulului din structurile limfoide, precum şi histiocitele. Sistemul are deci reprezentare în toate aceste formaţiuni şi organe. Funcţiile sistemului reticulo-endotelial:

- Culege şi sechestrează particule străine inerte şi coloranţi vitali.
- Distruge eritrocitele şi leucocitele îmbătrânite.
- Formează bilirubina indirectă din sânge prin degradarea progresivă a hemoglobinei, în următoarele trepte succesive:

Hb → 4 molecule de hem + 4 molecule de globină;

Hemul → o moleculă de protoporfirină + Fe^{++};

Protoporfirina → bilirubină care circulă în sânge legată de o moleculă proteică, formând împreună bilirubina indirectă (neconjugată).

- Stochează fierul: în măduva osoasă şi în splină sub formă de feritină; în bolile cu supraîncărcare de fier sub formă de hemosiderină.

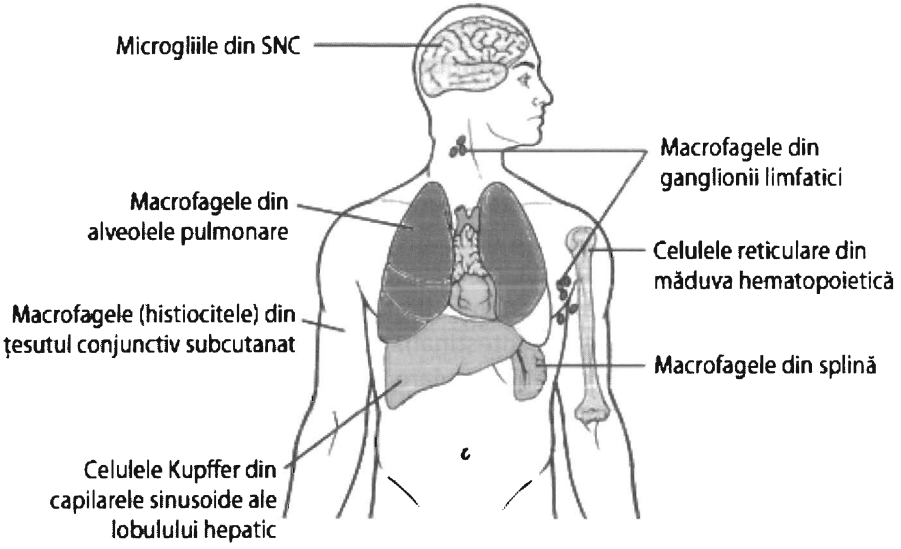


Fig. 14.2 – Sistemul reticulo-endotelial: distribuţie topografică.

14.1.6. RETICULUL MĂDUVEI HEMATOPOIETICE *[Reticular tissue of the bone marrow]*

La acest nivel există macrofage care au funcţii similare cu cele din alte organe: pot încorpora şi distruge bacterii, protozoare şi chiar unele celule tumorale. De menţionat că producţia lor din celule nediferenţiate este activată printr-un factor de creştere obţinut în laboratoare, folosit şi în terapeutică, denumit factorul de stimulare al coloniilor de macrofage ***[macrophage colony stimulating factor = M-CSF].***

14.1.7. CELULELE KUPFFER DIN FICAT *[Kupffer cells of the liver]*

Aceste celule căptuşesc capilarele sinusoide din lobulul hepatic [→ Cap. 9, § 9.2.2.1 – CONFIGURAŢIA ŞI STRUCTURA FICATULUI]. Ele îndeplinesc toate funcţiile care revin macrofagelor şi ţesutului reticulo-endotelial în general: distrug celulele sanguine îmbătrânite, extrag substanţele străine din circulaţie, au acţiune de fagocitare şi distrugere a bacteriilor etc.

14.1.8. INSULELE DE MACROFAGE DIN PLĂMÂNI *[Alveolar macrophages of the lungs]*

Acţionează în cadrul imunităţii prin celulele macrofage care sunt dispersate printre celulele epiteliului alveolar şi care captează unele particule nocive inhalate.

14.1.9. COMPONENTA CONJUNCTIVĂ DIN ŢESUTUL CELULO-ADIPOS SUBCUTANAT *[The connective constituent of the subcutaneous tissue]*

Aici intervin celulele macrofage existente în ţesutul conjunctiv (histiocitele) şi componentele ţesutului conjunctiv reticular din această regiune [→ Cap. 1.3 – ŢESUTURILE].

14.2. MIJLOACE NESPECIFICE DE APĂRARE A ORGANISMULUI

[Nonspecific means for the body defence]

Aceste mijloace alcătuiesc prima formă de rezistenţă împotriva agenţilor infecţioşi în general, denumită *imunitate nespecifică.* Caracteristicile acestei forme de imunitate: se transmite genetic, fiind o formă naturală de apărare; NU are memorie prin care să reţină contactul cu vreun agent străin (antigen); NU are preferinţă sau specificitate faţă de vreun agent infecţios anume, cu care să reacţioneze în caz de contact repetat.

Între *mijloacele de apărare nespecifică* (care deci NU se adresează unui germen patogen anume, ci tuturor – în anumite limite) se includ:

– **integritatea anatomică** a tegumentelor şi mucoaselor care se comportă ca o barieră naturală în calea agenţilor infecţioşi;

– **reacţia chimică** a unor medii care nu permit dezvoltarea microorganismelor patogene: aciditatea de la suprafaţa pielii, aciditatea sucului gastric (menţionăm că – exceptând unele infecţii digestive grave – culturile bacteriologice din conţinutul gastric sunt sterile);

– **substanţe cu efect bactericid** în unele secreţii din corp: lizozim în lacrimi, salivă;

– **fagocitoza,** funcţie care revine leucocitelor polimorfonucleare şi macrofagelor din ţesuturi şi care constă din încorporarea germenilor patogeni în celulă, urmată de digerarea lor. Fagocitoza este strâns legată şi condiţionată de diapedeză (ieşirea celulelor sanguine din sistemul vascular prin peretele capilar intact);

– **pinocitoza** care este încorporarea în celule a unor picături de lichid foarte mici (acestea pot însă conţine toxine bacteriene);

– **procesul inflamator**, prin care o aglomerare de leucocite (infiltrat inflamator) intervine pentru fagocitarea şi distrugerea germenilor patogeni;

– **interferonul** care este de fapt o familie de glicoproteine cu proprietatea de a modifica răspunsul celular în faţa unei agresiuni virotice, bacteriene sau tumorale. Celulele infectate cu virus produc interferon. Acesta acţionează inhibând creşterea celulei afectate, modifică procesul de diferenţiere şi ciclul celular, are efect asupra producţiei de anticorpi şi activează produsele celulare cu efect citotoxic, protejând astfel celulele învecinate de invazia virală. Există: interferon-α produs în culturi de leucocite afectate de virusuri şi care include două categorii: interferon α-2a (formă sintetică, creată prin tehnologie recombinantă, utilizată în tratamentul antineoplazic) şi interferon α-2b (tot formă sintetică, folosită în tratamentul hepatitelor cronice şi al unor forme de cancer); interferon β produs de fibroblaşti şi macrofage având efect

principal antivirotic; interferon γ produs de limfocitele T cu efect imunoreglator:

– **sistemul complement seric** include 9 factori de natură proteică, desemnați prin simbolurile C1, C2, C3.....C9 şi care se activează numai din momentul în care factorul C1 se leagă de complexul antigen-anticorp în cadrul unei reacții alergice. Complementul seric intervine în mai multe procese biologice: în citoliza imună a agenților patogeni, în reacțiile anafilactice, în opsonizare, în hemoliză;

– **opsoninele** sunt substanțe care se leagă de antigene şi facilitează fagocitarea lor de către polimorfonuclearele neutrofile sau de către macrofage. Ele aparțin de fapt fracțiunilor C_3 şi C_5 ale complementului seric;

– **citokinele**, secreții ale celulelor din componența sistemului imun, cuprind: *limfokinele nespecifice,* produse fluide secretate de limfocite (există şi limfokine specifice → Tabelul 14.2); *monokinele,* produse fluide secretate de monocite şi macrofage; *interleukinele (IL),* substanțe produse de macrofage şi de limfocite, cu efecte multiple de creştere, diferențiere, activare şi stimulare a diferitelor celule implicate în funcțiile imune.

14.3. MIJLOACE SPECIFICE DE APĂRARE
[Specific means for the body defence]

Aceste mijloace au la bază mecanisme mai complexe decât mijloacele nespecifice şi se restrâng fiecare la identificarea şi acțiunea împotriva câte unui singur agent infecțios sau toxic (imunitate specifică). Caracteristicile imunității specifice sunt:

– **discriminarea** *self*-ului (structurilor proprii) de *non-self* (structurile antigenice străine organismului);

– **specificitatea**, adică proprietatea unui anticorp de a recunoaşte un singur antigen anume;

– **diversitatea,** care este proprietatea întregului sistem imunitar de a recunoaşte un număr foarte mare de antigene (cca un miliard!);

– **memoria imună**, deci capacitatea de a înregistra exact antigenele cu care organismul a venit în contact şi care au generat producție de anticorpi;

– **reactivitatea** față de antigenul memorat, chiar după o foarte lungă perioadă de timp. Reacția poate fi benefică (distrugerea prin anticorpi a germenilor infecțioşi sau a toxinelor) sau nocivă (criza de astm, şocul anafilactic).

TABELUL 14.2

Paralelă între imunitatea nespecifică şi cea specifică

Imunitatea nespecifică (apărare naturală)		Imunitatea specifică (cu memorie imună)	
Mediată umoral	**Mediată celular**	**Mediată umoral**	**Mediată celular**
Interferon; complementul seric; properdină; lizozim	Fagocitoza, pinocitoza efectuate de polimorfonucleare şi macrofage	Anticorpii specifici circulanţi în plasmă, structuraţi pe IgA, IgE, IgG, IgM. Opsoninele	Plasmocite; limfocite T killer. Limfokinele şi monokinele produse de limfocite şi monocite

Mijloacele specifice cuprind formaţiuni care asigură imunitatea mediată umoral şi formaţiuni care realizează imunitatea mediată celular.

Principalele celule care intervin în imunitatea specifică sunt limfocitele B şi limfocitele T, acestea din urmă având mai multe subtipuri.

Metodele moderne de investigaţie (citometria în flux = ***flow-cytometry***) au permis diferenţierea – în cadrul leucocitelor – a mai multor tipuri de celule după moleculele cu caracter antigenic de la suprafaţa celulară. Aceste molecule sunt denumite „grupe de diferenţiere" sau „grupe de desemnare" [***cluster of differentiation*** sau ***cluster of designation,*** abreviat ***CD***], devenind markeri de identificare a celulelor din sânge. Spre exemplu, toate leucocitele au prezent markerul CD 45, limfocitele T helper (ajutătoare) sunt definite în plus prin CD4, iar limfocitele T citotoxice prin CD8. Sistemul CD nu are rol numai în identificarea tipului celulelor (prin imunofenotipare), ci şi în recunoaşterea unor antigene, iar unele intervin ca receptori celulari de suprafaţă pentru factorii de creştere.

LIMFOCITELE B *[B lymphocytes]*

Sunt produse de măduva hematopoietică şi au capacitatea de a secreta molecule de imunoglobuline care se modifică la apariţia unui antigen (substanţă străină de cele care fac parte din compoziţia organismului, adică o substanţă care se încadrează la ***non-self***), devenind anticorpi specifici.

LIMFOCITELE T *[T lymphocytes]*

Sunt produse în măduva hematopoietică din celule stem, dar se diferenţiază în timus. Aici se includ două tipuri principale:

– **Limfocitele T helper** (= ajutătoare) au ca marker de suprafaţă antigenul CD 4. Ele ajută limfocitele B să recunoască unele antigene cu care vor interacţiona.

– **Limfocitele T citotoxice** sau **killer** (= ucigaşe) au ca marker de suprafaţă antigenul CD 8. Ele participă la imunitatea mediată celular şi au capacitatea de a distruge celulele care poartă un antigen străin (celule-

gazdă infectate cu un virus, celule tumorale, celule ale unui organ transplantat).

14.3.1. IMUNITATEA MEDIATĂ UMORAL *[Humoral-mediated immunity]*

Este asigurată prin anticorpii circulanți din plasma sanguină. Anticorpii sunt formați din imunoglobulinele preexistente în orice plasmă normală, dar care au suferit modificări și au căpătat noi proprietăți sub acțiunea antigenelor care le-au dat naștere. Aceste proprietăți sunt: memoria imună, reținând structura antigenului de pe urma căruia au apărut; posibilitatea de a recunoaște acest antigen chiar după ani de zile și capacitatea de a reacționa (uneori intens) la un nou contact al acestuia cu organismul.

Celulele producătoare de anticorpi sunt limfocitele B, dar activitatea lor producătoare este stimulată și dirijată de limfocitele T.

14.3.2. IMUNITATEA MEDIATĂ CELULAR *[Cell-mediated immunity]*

Este asigurată prin limfocitele T citotoxice, care au capacitatea de a reacționa și a distruge celulele care au încorporat anumiți agenți patogeni. Iată un exemplu de desfășurare în mai mulți timpi a procesului de distrugere bacteriană:

– un agent bacterian, ale cărui antigene sunt recunoscute de macrofage, este încorporat într-o celulă macrofagă;

– urmează digerarea bacteriei în interiorul macrofagului, antigenele rămânând totuși prezente;

– limfocitele T killer recunosc macrofagele care poartă aceste noi antigene și intervin, distrugându-le cu totul.

În imunitatea mediată celular mai intervin și *limfokinele specifice*, secretate de limfocitele T în momentul contactului cu antigenul față de care au fost sensibilizate. Limfokinele au un rol important în declanșarea reacției imune.

§ APLICAȚII ÎN PATOLOGIA SISTEMULUI IMUNITAR *[Applications to the pathology of the immune system]*

SIDA (abreviere din lb. franceză: *syndrome immunodéficitaire acquis*) este o afecțiune în care mecanismul de bază constă din inactivarea siste-

mului imunitar la persoanele infectate cu **virusul HIV** (abreviere din lb. engleză: *human immunodeficiency virus*). Acest virus atacă limfocitele T, acţionând printr-o enzimă (revers transcriptaza) care eliberează ARN viral, transcriindu-l într-o moleculă de ADN, care se integrează în nucleul celulei-gazdă parazitată, fiind în acest fel încorporată în genomul acesteia. ADN-ul integrat face ca în limfocitul T parazitat, genomul propriu să fie înlocuit cu genomul viral, fiind deci incapabil să-şi mai îndeplinească funcţiile de apărare ce-i revin în cadrul sistemului imunitar.

Bolile autoimune sunt caracterizate prin apariţia – aberantă – de anticorpi îndreptaţi NU împotriva unor agenţi patogeni, ci împotriva propriilor structuri ale organismului, adică autoanticorpi (ex.: anemii hemolitice autoimune – cu anticorpi antieritrocitari; purpura reumatoidă – cu anticorpi antivasculari; poliartrita reumatoidă – cu anticorpi anti-structuri articulare; glomerulonefroze – cu anticorpi anti-membrană bazală glomerulară). În toate aceste afecţiuni s-a produs o dereglare patologică a sistemului imun, care NU mai poate deosebi *self*-ul de *non-self* şi – pierzând toleranţa faţă de *self* – îl tratează ca pe un factor agresiv care trebuie combătut prin mecanisme de apărare specifică.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ
[SELECTIVE REFERENCES]

1. **Agapie Speranţa, Alexandru Mihaela, Bran Liliana, Cristescu Eugenia, Iancu Elena, Marcean Crin** et all: Curriculum pentru nivel 3 avansat. Şcoala postliceală. Calificarea profesională: asistent medical generalist. Modulul 3. Anatomie şi fiziologie umană – M.E.C.T.S., Anexa nr. 3 la Ordinul M.E.C.T.S., nr. 273 din 29.11.2007.
2. **Ardelean A., Roşu I., Istrate C.:** Mic atlas de anatomie, Edit. Corint, Bucureşti.
3. **Ariniş Ioana:** Biologie. Manual pentru clasa a XI-a, Edit. Sigma, Bucureşti, 2006.
4. **Baltă Georgeta, Niculescu C.Th., Cârmaciu R.:** Anatomia şi fiziologia omului. Manual pentru clasa a X-a, licee sanitare, Edit. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1987.
5. **Beers M.H., Berkow R.** et all: The Merck Manual, 17th ed., Merck Res. Lab., Whitehouse Station N.J., 1999.
6. **Beers M.H.** et all: The Manual of Medical Information, Edit. ALL, 2011.
7. **Buican D.:** Dicţionar de biologie, Edit. Univers Enciclopedic, Bucureşti, 2001.
8. **Capizisu Ana:** Modificări histopatologice, histochimice şi electronooptice ale arterelor persoanelor de vârsta a treia, Edit. Vergiliu, Bucureşti, 2010.
9. **Cristea M., Câlmâc I.:** Teste de biologie pentru admitere la facultate, Edit. GECO, 1997.
10. **Croitoru Al., Popa M.:** Anatomie, fiziologie şi patologie umană, Edit. Lucman, Bucureşti, 2007.
11. **Debeleac Lucia & Popescu-Drânda M.C.:** Microbiologie, Edit. Medicală Amaltea, 2003.
12. **Dimitrescu Al.:** Dermatologie, ed. a II-a, Grupul Editorial Naţional, Edit. Medicală Naţională, 2002.
13. **Drake R., Wayne Vogl A., Mitchell A.-W.M.** (trad. Filipoiu F.M.): Gray's Anatomy pentru studenţi, ed. a 2-a, Prior & Books, Bucureşti, 2010.
14. *** Atlas de anatomie umană, Edit. Giunti (trad. Molnar Ana-Maria), Edit. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 2011.

15. *** Atlas de fiziologie umană, Edit. Giunti (trad. Stroica L. & State D.), Edit. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 2011.
16. **Filon V.:** Morfopatologie. Manual pentru licee sanitare, cl. a XII-a, Edit. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1981.
17. **Gorgos C.** şi colab.: Dicţionar enciclopedic de psihiatrie, Edit. Medicală, Bucureşti, 1987.
18. **Guyton A.:** Fiziologie, ed. a 5-a (ediţia în limba română sub red. Cârmaciu R.), Edit. Medicală Amaltea, 1997.
19. *** Harper Collins College Publishers: Planşe de anatomie, 1993.
20. **Ifrim M. & Niculescu Gh.:** Compendiu de anatomie, Edit. Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1988.
21. **Ilfoveanu M.I.:** Biochimie comprehensivă, Edit. Renaşterea Daciei, Bucureşti, 2003.
22. **Ilie I.:** Bazele neurologiei clinice. Manual pentru învăţământul postliceal sanitar, Edit. Viocor Impex, Brăila, 1998.
23. *** Instructional Fair, Inc. 1990 (trad. Cuzino Dragoş), Edit. Teora, Bucureşti, 1998.
24. **Ioan Cezar:** Biologia în imagini şi scheme, vol. I şi II, Edit. Studenţească, 1997-1999.
25. **Ispas A.T.** et all: Anatomia şi fiziologia omului cu aplicaţii practice. Pentru şcoli sanitare postliceale, Edit. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 2000.
26. **Loteanu M.:** Biologie, pregătire intensivă, Teste - Examen de sinteză cu grad înalt de dificultate, Edit. ALL, Bucureşti, 1995.
27. **Marcean Crin & Mihăilescu Vl.:** Nutriţie şi dietetică. Ghid pentru asistenţi medicali, O.A.M.M.R., 2008.
28. **Maximilian C. & Ioan Doina Maria:** Dicţionar enciclopedic de genetică, Edit. Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1984.
29. **Mohan Gh., Marinescu St.:** Teste de biologie pentru bacalaureat şi admiterea în învăţământul superior, Edit. ALL, Educational Bucureşti, 1995.
30. **Năstase C., Năstase I., Năstase Viorica, Năstase Veronica, Bejenari V.:** Dicţionar englez-român de medicină şi biologie, Edit. Nasticor, Iaşi, 2004.
31. **Niculescu C.Th., Cârmaciu R.:** Anatomia şi fiziologia omului, Manual pentru clasa a X-a, licee sanitare, Edit. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1990.
32. **Niculescu C.Th., Cârmaciu R., Voiculescu B., Sălăvăstru C., Niţă C., Ciornei C.:** Anatomia şi fiziologia omului. Compendiu, ed. a 2-a, Edit. Corint, Bucureşti, 2009.
33. **Olaru Livia-Irina:** Compendiu de anatomie şi fiziologie umană, Edit. ProUniversitaria, Bucureşti, 2006.

34. **Olaru Livia-Irina:** Embriologie şi elemente de genetică umană, Edit. Pro Universitaria, Bucureşti, 2007.
35. **Olaru Livia-Irina:** Suport de curs pentru modulul de anatomie şi fiziologie, Şcoala Postliceală Sanitară Fundeni, 2012 (material nepublicat).
36. **O'Toole M.T.** et all: Miller-Keane Encyclopedia & Dictionary of Medicine, Nursing & Allied Health, 17th ed., Edit. Saunders, Elsevier Science, 2003.
37. **Papilian V.:** Anatomia omului, Vol. I şi II, Edit. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1979.
38. **Păştinaru-Roiu C.:** Anatomie. Teste pentru admitere în învăţământul superior şi şcoli postliceale, Edit. Omniscop, 1996.
39. *** Roche Lexikon Medizin, Edit. Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore, 1984.
40. **Rusu V.** şi colab.: Dicţionar medical, ed. a IV-a, Edit. Medicală, Bucureşti, 2010.
41. **Stanciu C.:** Admitere medicină. Biologie, Teste grilă, Edit. Eficient, 1995.
42. **Strungaru G., Pop M., Hefco V.:** Fiziologie animală, Edit. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983.
43. **Taber Cl.W.:** Taber's Cyclopedical Medical Dictionary, edit. a 16-a, F.A. Davis Comp., Philadelphia, 1989.
44. **Theodorescu Dem.:** Mic atlas de anatomia omului, Edit. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1974.
45. **Teodorescu Exarcu I.** şi colab.: Biologie. Anatomia şi fiziologia omului. Manual pentru clasa a XI-a, Edit. Didactică şi Pedagogică, R.A., Bucureşti, 1993.
46. **Ţibea Florica:** Anatomia omului. Atlas şcolar, Edit. Corint, Bucureşti, 2001.
47. **Ţiplic Tatiana:** Anatomia şi fiziologia omului, vol. I (Sistemul nervos şi analizatorii) – 1996. Vol. II (Aparatul digestiv, sistemul endocrin, metabolismul, reproducerea) – 1997. Vol. III (Mediul intern, sistemul respirator, sistemul cardiovascular, sistemul limfatic, sistemul locomotor) – 1999, Edit. Aktis, Bucureşti.
48. **Vriesenga Daryl:** Corpul omenesc. Teste de anatomie, Seria Gymnasium, nr. 12, Edit. Teora, Bucureşti, 1998.
49. **Weldon Owen:** Călătorie în interiorul corpului uman, PTY ltd. (trad. Terciu Teodora), Edit. Arthur, 2009.
50. *** Wikipedia, the Free Encyclopedia.